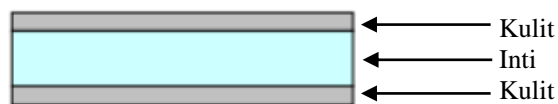


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Sandwich Panel Structure*

Panel *sandwich structure* merupakan struktur yang memiliki jenis material berbeda yakni bagian plat dan isian sebagai bahan pembentuknya yang diproses menjadi satu lapisan. Material *sandwich panel* ini terdiri atas dua permukaan yang tipis dan memiliki inti (*core*) yang diisikan untuk pemisah kedua permukaan. Inti tersebut memiliki kepadatan yang rendah sehingga menciptakan suatu struktur yang kaku dan ringan (Abdul, 2013). Dua lapisan tipis yang terdapat pada struktur *sandwich* ini disebut dengan lapisan kulit, dan satu lapisan tengah disebut dengan lapisan inti (Firdaus, 2013), sebagaimana pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur *Sandwich Panel*

Sumber: (Firdaus, 2013)

Sandwich panel sebagai komponen penahan beban telah diadopsi secara luas dalam teknik sipil sebab memiliki keunggulan di bidang rasio kekuatan terhadap berat yang besar, properti isolasi termal, dan kemampuan anti korosi yang sangat baik (Xia, 2018).

Hingga sekarang, bahan yang dimanfaatkan atau digunakan untuk permukaan dan isian atau *core* dari panel jenis *sandwich* sendiri cukup beragam. Bahan yang digunakan sebagai lapisan permukaan ini terbuat dari gugusan polimer dengan tekstur berserat atau *fiberreinforced polymer* (FRP), bisa juga tersusun dari material dasar metal semacam alumunium atau baja. Bagian inti (*core*) umumnya terdiri dari bahan dengan kandungan dasar metal (Kenanga et al., 2017).

Contoh dari inti *sandwich panel* ini adalah material berbahan dasar metal yang memiliki bentuk seperti sarang madu, gelombang, rangka batang, atau rangka yang memiliki bentuk I, Z, dan C. Selain itu, bagian inti (*core*) juga dapat

menggunakan bahan yang memiliki massa ringan seperti EPS jenis *foam*, dan bahan ramah lingkungan seperti jenis kayu balsa atau material ringan yang lain (Abdul, 2013).

2.2 Styrofoam



Gambar 2.2 Limbah *Styrofoam*
Sumber: (Penulis, 2023)

Styrofoam atau dikenal juga dengan nama *polystyrene*, cukup banyak digunakan manusia pada kesehariannya. Ketika pada awal munculnya, *styrofoam* juga populer dan ramai penggunaannya di Indonesia. *Styrofoam* biasanya digunakan untuk kemasan makanan dan barang elektronik, hal ini karena sifatnya yang mampu menahan panas, mempunyai berat yang ringan dan tahan pula pada benturan. *Polystyrene* merupakan hasil dari *styrene* yang memiliki nama kimia sebagai $C_6H_5CH_9CH_2$ dan mengandung gugus *phenyl*. Gugus *phenyl* yang terbentuk merupakan gugus *phenyl* yang tidak teratur dari molekul dalam sepanjang garis karbon. Produk EPS/*expanded polystyrene* jenis *styrofoam* juga mempunyai berat jenis hingga mencapai 1050 kg/m^3 , modulus lentur hingga 3 GN/m^2 , kuat tarik hingga 40 MN/m^2 , angka poison 0,33, dan modulus geser hingga $0,99 \text{ GN/m}^2$ (Ardin et al., 2017).

Pada butiran EPS yang umumnya digunakan oleh masyarakat untuk jenis *foam* memiliki berat satuan sangat hanya $13\text{-}22 \text{ kg/m}^3$. Dengan begitu *expanded polystyrene* pada komposit panel *sandwich* terbilang cocok dipakai untuk mencapai berat jenis panel yang sesuai atau ringan. Pemakaian limbah *styrofoam* pada campuran isian panel *sandwich* dianggap dapat menimbulkan rongga udara. Akan tetapi, dalam penelitian sebelumnya, dengan rongga udara yang dihasilkan

oleh *styrofoam* memiliki keuntungan pada kuat tarik yang diuji pada pembuatan beton ramah lingkungan. Berat jenis yang dihasilkan dari beton yang diteliti dengan campuran *styrofoam* mampu diatur pada pengolahan kontrol jumlah bahan *styrofoam* yang merupakan bahan campuran yang terdapat dalam beton (Ardin et al., 2017). Spesifikasi dari karakteristik *styrofoam* ada pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Karakteristik *Styrofoam*

Spesifikasi	
Ukuran butiran Styrofoam	3mm - 5mm
Berat jenis Styrofoam	13-22 kg/m ³
Modulus young (E)	3000-36000 Mpa
Kuat tarik styrofoam (tensile strength)	46-60 Mpa
Specific heat styrofoam (c)	1.3 KJ/(kg.K)
Thermal conductivity styrofoam (k)	0.08 W(m.K)

Sumber: (Irwan et al., 2022)

2.3 Kerang Darah



Gambar 2.3 Limbah Cangkang Kerang Darah

Sumber: (Penulis, 2023)

Kerang darah atau yang memiliki nama ilmiah sebagai *Anadara granosa* adalah jenis kerang yang banyak dikonsumsi warga Indonesia bahkan banyak warga di Asia Timur dan Asia Tenggara. Karakteristik dari kerang satu ini adalah cangkang kerang berbentuk oval, bergaris putih di bagian luar, berwarna putih di bagian dalam, dan kuat sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.3. Selain itu, kerang satu ini memiliki kebiasaan mengubur diri di lumpur atau pasir baik masa pasang maupun surut. Sementara, bentuk fisik lain dari kerang darah di antaranya adalah memiliki ukuran panjang 5-6cm dengan lebar 4-5cm untuk kerang dewasa (Adinda et al., 2020).

Kerang yang juga dikenal sebagai anggota suku dari *Arcidae* disebut sebagai kerang darah sebab kemampuannya yang dapat memproduksi hemoglobin dalam cairan merah di dalam tubuh kerang. Banyak orang melakukan kegiatan budidaya kerang tersebut untuk mendapatkan keuntungan dengan cara menjualnya ke tempat-tempat makan atau pusat perbelanjaan. Kebanyakan kerang darah berhasil hidup pada wilayah antara Indo Pasifik serta tersebar dari pantai wilayah Afrika bagian timur menuju Polinesia. Diketahui bahwa produksi kerang jenis kerang darah ditaksir melonjak pada tahun 2010 yakni mencapai angka 34.482 Ton. Sementara, rata-rata peningkatan produksi kerang satu ini ditaksir berada pada rentang tahun 2000-2010 yakni hingga mencapai 5,18% di setiap tahunnya (Elsa et al., 2019).

Di Indonesia sendiri, cangkang kerang darah seringkali dijumpai di banyak pesisir pantai. Banyaknya cangkang kerang di pesisir pantai di Indonesia diakibatkan karena belum maksimalnya penanganan limbah cangkang kerang yang ditemukan. Pasalnya, hanya sebatas dimanfaatkan sebagai kerajinan untuk daerah-daerah, dan ada pemanfaatan cangkang kerang yang lain yaitu sebagai pakan ternak melalui pengolahan khusus. Kandungan yang dimiliki oleh cangkang kerang darah dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Presentase Senyawa Pada Cangkang Kerang Darah

Komponen Kimia	Komposisi (%)
CaO (Kalsium Oksida)	67.072
SiO ₂ (Silika)	8.252
Fe ₂ O ₃ (Besi (I, II) Oksida)	0.402
MgO (Magnesium Oksida)	22.652
Al ₂ O ₃ (Aluminium Oksida)	1.622

Sumber: (Elsa et al., 2019)

Berdasarkan kandungan tersebut, membuat serbuk cangkang kerang darah memiliki kemiripan dengan semen. Semen sebagai bahan campuran umumnya berfungsi sebagai bahan pengisi mineral atau *filler* pada sebuah proyek bangunan. Bahan baku pembuat semen adalah bahan baku yang mengandung mineral kapur atau kalsium klorida (CaO), aluminium (Al₂O₂), silika (SiO₂), dan besi oksida

(Fe₂O₂) yang didapatkan dari berbagai jenis batuan mineral (Asbiartha et al., 2022).

Cangkang kerang darah selain itu juga dimanfaatkan pada penelitian sebelumnya untuk *filler* melalui proses tertentu untuk sebuah matrix. Limbah cangkang kerang darah ini sudah melalui proses tertentu hingga membuatnya menjadi berbentuk bubuk untuk material *filler* mampu memperbaiki struktur pada matrix yang diteliti pada penelitian sebelumnya (Hendra et al., 2016). Sementara, dalam penelitian lain juga mengungkap bahwa penambahan bubuk cangkang kerang yang dimanfaatkan sebagai isian atau *filler* untuk matrix, ternyata mampu meningkatkan nilai *mechanical properties* pada matrix tersebut (Mansuri & Amalina, 2014).

2.4 Resin



Gambar 2.4 Resin

Sumber: (Penulis, 2023)

Pada penelitian kali ini, dipilih UPR atau *Unsaturated Polyester Resin* sebagai tipe polimer thermoset. Resin yang dipilih oleh penulis dikenal memiliki proses pembuatan dari hasil reaksi polimerisasi glikol dengan asam dikarnosilat. Proses polimerisasi dari *Unsaturated Polyester Resin* yang dimasukkan atau dilarutkan dalam monomer akan menghasilkan viskositas rendah yang membuatnya akan mengalami perubahan menjadi struktur thermoset padat saat berada pada masa pengeringan. Selain dipilih sebagai penguat, resin jenis UPR juga sering

digunakan dalam industri komposit dengan pemakaian rata-rata dalam industry yakni 75% dari total jumlah resin yang tersedia (Ramakrishnan & P., 2016).

Karakteristik dari UPR lainnya adalah tahan terhadap air. Terlebih untuk UPR jenis *Ortho-phthalic Resin* bernama YUKALAC 157 BQTNEX. Jenis resin UPR tersebut cukup populer khususnya dalam bidang pembuatan kapal, pembuatan ornamen, alat saniter, tangki, atau jenis peralatan lain yang berada di Indonesia (Hendra et al., 2016).

Penggunaan resin pada penelitian ini dilandaskan pada penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa resin memiliki sifat adhesi yang bisa dijadikan sebagai aktivator pada komponen kimia silika. Dalam penggunaannya sebagai aktivator dan pengeras, resin memiliki *flow* cukup tinggi dan tidak susut (Firdaus & Kadir, 2019).

2.5 Katalis



Gambar 2.5 Katalis

Sumber: (Penulis, 2023)

Katalis juga dikenal sebagai *Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKP)*. Di dalam dunia industri, katalis banyak digunakan sebagai pengeras resin atau *hardener*. Spesifiknya, katalis banyak digunakan dalam kotak, tangki, perkapalan, kancing, *coating* kayu lapis, pelapis permukaan parobot atau *furniture*, hingga pemanfaatan dalam pembuatan besi. Karakteristik dari katalis sendiri di antaranya adalah sifatnya yang berbentuk cair bening, bau pekat dan menyengat, dan memiliki fungsi erat sebagai pengering ketika dicampurkan dengan UPR.

Tipe katalis permek – N dipakai sebagai resin bening. Di mana jenis katalis tersebut berbeda dengan katalis untuk resin yang banyak digunakan oleh

masyarakat. Adapula jenis katalis lainnya juga ada yang ditentukan berdasarkan wujudnya seperti katalis heterogen yang komponennya berbeda dan katalis homogen yang lebih memiliki komponen sama (Ramakrishnan & P., 2016).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian limbah *styrofoam* sebagai bahan bangunan, sudah kerap dilakukan seperti pemanfaatan limbah *styrofoam* untuk pembuatan batako (Abdul, 2013), pemanfaatan limbah *styrofoam* untuk campuran pada bahan dasar dalam *modular floating pontoon ferrocement* (Pambudi et al., 2014), dan pemanfaatan limbah *styrofoam* sebagai pasir pada beton ringan (Mulyati & Asrillina, 2018).

Sementara, penggunaan *styrofoam* sendiri juga sudah pernah dimanfaatkan sebagai bahan *core* pada blok beton *sandwich*. Namun, styrofom yang dijadikan *core* merupakan *styrofoam* khusus untuk bahan bangunan yang diolah langsung dari pabrik (Kenanga et al., 2017).

Selain itu, penelitian serupa juga ditemukan terkait uji rangkai suatu balok beton jenis *sandwich* dengan isian EPS jenis *styrofoam* beserta *filler* dari bahan beton ringan maupun murni dari *styrofoam* (*Cement EPS Sandwich panel*) yang menyatakan bahwa Benda uji material balok beton jenis *sandwich* secara *vertical* dapat menahan suatu beban dengan lebih besar dibandingkan uji tipe lainnya seperti uji tipe susunan horizontal, yakni 5 sampai 8,5 kN (Ardin et al., 2017). Secara terperinci, daftar penelitian terdahulu yang berkaitan dengan objek penelitian yang diangkat adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3 Research GAP

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
1.	Adinda, P. A., Qomariyah, & Riyanto, S. (2020).	Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Independen: Limbah cangkang kerang. Dependen: Kuat tekan dan modulus elastisitas beton.	Pemanfaatan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi semen mempengaruhi kuat tekan dan modulus elastisitas beton normal

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
		Beton Normal Fc'20. <i>Jurnal Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema, Vol. 01, No. 03.</i>		fc'20 dengan substitusi limbah kerang paling efektif pada penambahan 3% yang menghasilkan kuat tekan 37,21 MPa.
2.	Ardin, R. H., Ariesta, Y., Susilorini, R. M., & Widiyanto, D. (2017).	Kinerja Rangkak pada Balok Beton Sandwich dengan Isian <i>Styrofoam</i> (Cement EPS Sandwich Panel) . <i>Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang</i> , 81-95.	Independen: <i>Styrofoam</i> (Cement EPS Sandwich Panel) Dependen: Kinerja rangkak pada balok beton	Isian <i>Styrofoam</i> (Cement EPS Sandwich Panel) memberikan nilai regangan rangkak pada balok beton sandwich setelah dibebani sebesar 3 kN dalam waktu 2 jam dengan rincian spesimen RH-S01 sebesar 3,23%, spesimen RV-S03 sebesar 0,40%, spesimen RH-D03 sebesar 0,60%, dan spesimen RV-D02 sebesar 0,32%
3.	Catur, A. D., Musakar, K., Sinarep, & Sukartono. (2015).	Pengaruh Penguatan <i>Polyurethane Rigid Foam</i> dengan <i>Square Cells</i> Terhadap Tegangan Bending dan Tekan Panel <i>Sandwich</i> Sebagai Bahan Lambung Haluan Perahu. <i>Symposium Nasional</i> , (pp. 260-267).	Independen: <i>Square cells</i> . Dependen: Tegangan bending dan tekan panel <i>sandwich</i> sebagai bahan lambung haluan perahu.	Penguatan <i>core</i> dengan <i>square cells</i> menambah kekuatan tekan dan bending komposit <i>sandwich</i> .
4.	Ginting, S., Hendra, Lubis,	Effect of Clam Shell Powder (<i>Anadara</i>	Independen: <i>Clam shell powder</i>	Serbuk cangkang sebagai <i>filler</i> dan resin

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
	Maulida, Suwito, Fendi, & Tanujaya, B. (2016).	<i>granosa</i>) Composition on Physical and Mechanical Properties of Polyester Resin Particle Board Products. <i>Journal of Chemical Engineering, University of Sumatera Utara</i> .	<i>(Anadara granosa)</i> . Dependen: <i>Composition on physical and mechanical properties of polyester resin particle board products.</i>	poliester (<i>Clam Shell Powder /Anadara granosa</i>) mempengaruhi Sifat mekanik papan partikel dengan hasil <i>modulus of rupture</i> (MOR) 40,911 MPa, modulus elastisitas (MOE) 180,547 MPa dan internal bonding (IB) 13,605 MPa.
5.	Kenanga, A., Darmawan, M. R., Susilorini, R. M., & Widiyanto, D. (2017).	Durabilitas Blok Beton <i>Sandwich</i> dengan Isian <i>Styrofoam</i> di Lingkungan Agresif. <i>Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang, Vol. 01, No. 02, 109-124.</i>	Independen: <i>Lingkungan Agresif</i> (Sampel: air pasang surut, air payau, air laut, air biasa). Dependen: Durabilitas blok beton <i>sandwich</i> dengan isian <i>Styrofoam</i> .	Lingkungan agresif mempengaruhi durabilitas blok beton <i>sandwich</i> dengan isian <i>Styrofoam</i> yang bisa dilihat dari kuat tekan maksimum 1,76 MPa dengan uji dari air pasang surut sebagai curing media, diikuti oleh 1,67 MPa dengan air payau sebagai media curing, dan juga 1,64 MPa dengan laut air sebagai media curing, dan kuat tekan terendah adalah 1,36 MPa dengan air biasa sebagai media pengawetan.

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
6.	Mansuri, Y., & Amalina, M. A. (2014).	Hardness and compressive properties of calcium carbonate derived from clam shell filled unsaturated polyester composites. <i>Journal of Materials Research Innovations, Vol. 18, No. 06, 291-294.</i>	Independen: <i>Clam shell filled unsaturated polyester composites.</i> Dependen: <i>Hardness and compressive properties of calcium carbonate derived.</i>	Komposit poliester tak jenuh yang diisi cangkang kerang mempengaruhi kekerasan dan sifat tekan kalsium karbonat yang meningkat seiring dengan penambahan pengisi CaCO ₃ pada cangkang kerang.
7.	Mulyati, R. A. (2018).	Pengaruh Penggunaan <i>Styrofoam</i> Sebagai Pengganti Pasir Dan Zat Additive Sikament Terhadap Kuat Tekan Bata Beton Ringan. <i>Jurnal Momentum, Vol. 20, No. 02.</i>	Independen: <i>Styrofoam</i> Dependen: Kuat tekan bata beton ringan.	Penambahan <i>Styrofoam</i> sebagai pengganti pasir dan zat <i>additive sikament</i> mempengaruhi kuat tekan beton ringan dengan hasil semakin banyak penggunaan <i>Styrofoam</i> maka berat bata beton semakin ringan, namun kuat tekan semakin berkurang. Kuat tekan bata beton tertinggi diperoleh pada penggunaan <i>Styrofoam</i> 30% sebesar 6,1 MPa.
8.	Muqtadi, K. (2014).	Dampak Penggunaan dan Analisa Pengaruh <i>Styrofoam</i> Sebagai Substitusi Pasir Dengan Bahan Tambah Plastiment-VZ Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. <i>Jurnal Teknik Sipil dan</i>	Independen: <i>Styrofoam</i> Dependen: Nilai kuat tekan beton.	<i>Styrofoam</i> sebagai substitusi pasir dengan bahan tambah plastiment-VZ mempengaruhi nilai kuat tekan beton dengan semakin besar variasi substitusi menyebabkan

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
		<i>Lingkungan, Vol. 02, No. 02.</i>		bobot beton menjadi lebih ringan sampai variasi 75%. Sedangkan untuk kuat tekan, hasil yang paling optimal adalah beton substitusi <i>styrofoam</i> yang ditambah bahan plus plastiment VZ hingga K350 25% kuat tekan 252,8 Kg / cm ² .
9.	Pambudi, D. M., Zakki, F. A., & Hadi, E. S. (2014).	Studi Eksperimen Pemanfaatan <i>Styrofoam</i> sebagai Campuran Bahan Dasar Pada modular Floating Pontoon Ferrocement. <i>Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 02, No. 04.</i>	Independen: <i>Styrofoam</i> . Dependen: Massa dan kekuatan lentur <i>modular floating pontoon ferrocement</i> .	Penambahan <i>styrofoam</i> mempengaruhi penurunan massa ponton dengan penurunan massa ponton berkisar antara 15 – 67 kg per satuan ponton dan pengurangan kekuatan lentur ferrocement berkisar antara 2,76 – 7,96 MPa untuk setiap variasi penambahan <i>Styrofoam</i> sebesar 20%.
10.	Pratiwi, S., Saputra, A., & Awaludin, A. (2020)	Kuat Tekan <i>Sandwich panel</i> Expanded Polystyrene Penambahan Plesteran dan Kawat Locket. <i>Jurnal Teknisan, Vol. 27, No. 02, 69-77.</i>	Independen: Plesteran dan kawat loket. Dependen: Kuat tekan sandwich panel expanded polystyrene.	Penambahan plester dan wiremesh akan meningkatkan kuat tekan dinding panel <i>sandwich polystyrene</i> yang diperluas.

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
11.	Winarno, H., & Pujantar, R. (2015)	Pengaruh Komposisi Bahan Pengisi <i>Styrofoam</i> Pada Pembuatan Batako Mortar Semen Ditinjau Dari Karakteristik dan Kuat Tekan. <i>Jurnal Scientific Pinisi, Vol. 01, No. 01.</i>	Independen: Bahan pengisi <i>Styrofoam</i> . Dependen: Karakteristik dan kuat tekan pada pembuatan batako.	Bahan pengisi <i>styrofoam</i> bisa dijasikan alternatif bahan pengisi campuran mortar semen pembuatan batu bata sehingga dapat mempengaruhi karakteristik dan kuat tekan pada pembuatan batako mortar semen.

Sumber: (Penulis, 2022)

Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dianalisis, adanya karakteristik tertentu dari limbah *styrofoam* dan limbah cangkang kerang darah membuat bahan-bahan tersebut memiliki potensi untuk dijasikan sebagai *core sandwich panel*. Sebagai contohnya kemampuan *styrofoam* yang dapat meredam panas (Mulyati & Asrillina, 2018), dan limbah cangkang kerang darah yang memiliki komposisi mirip dengan semen (Adinda et al., 2020; Asbiartha et al., 2022) sehingga cocok untuk dijadikan bahan campuran *core sandwich panel* untuk dinding bangunan.