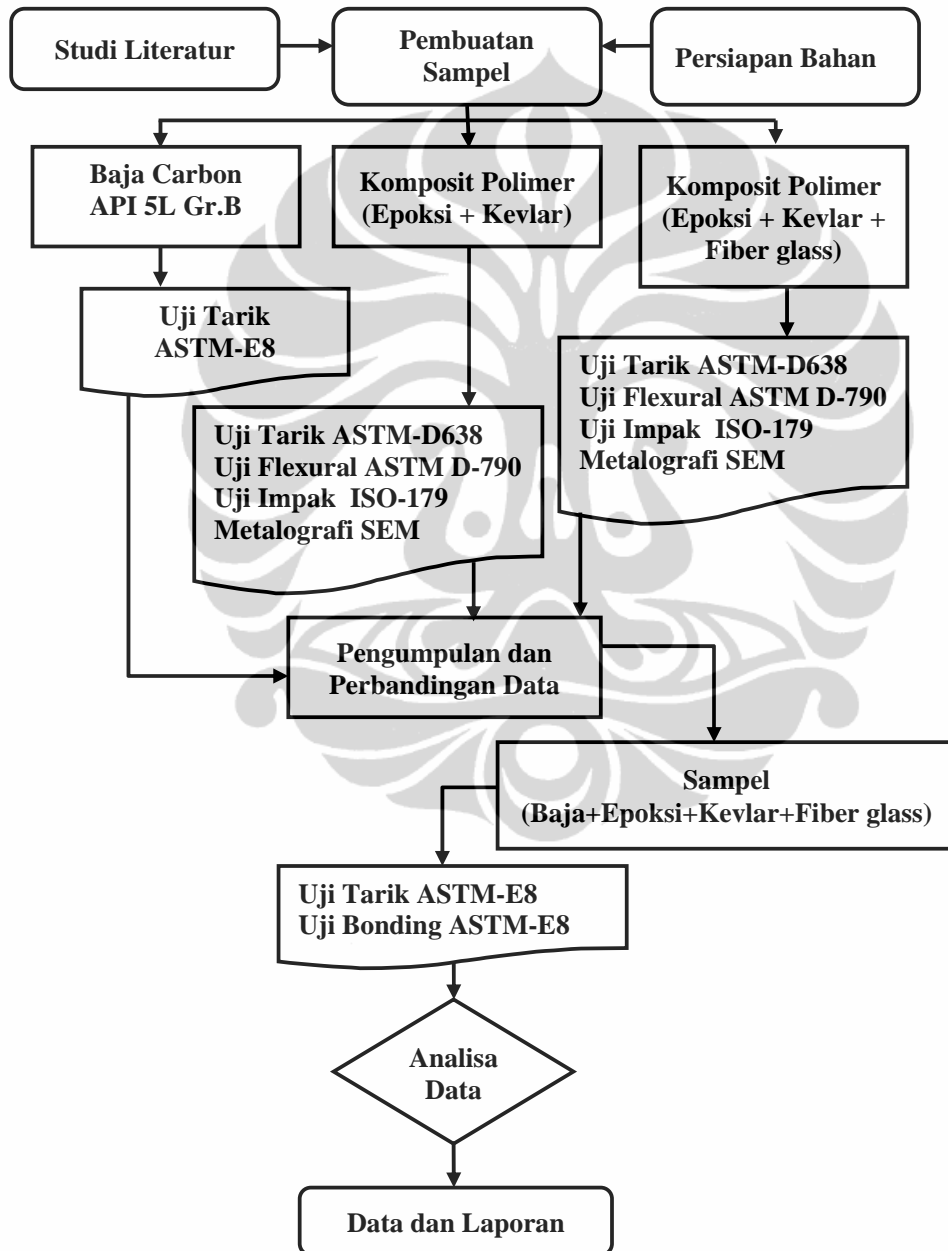


BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan yang diuraikan sebagai berikut.

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Tahapan proses penelitian

3.2. Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan mengikuti prosedur dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Studi literature yang menyangkut karakter bahan epoksi, aramid kevlar dan fiber glass. Kajian mengenai proses implementasi komposit polimer di lapangan dan benefit yang dapat diperoleh.
2. Menyiapkan bahan penelitian berupa baja karbon API 5L Gr.B^[28] dan produk **StrongBack** serta bahan pendukung lainnya.
3. Menyiapkan beberapa sampel untuk dilakukan pengujian.
4. Melakukan pengujian yang mengacu pada standar ASTM dan ISO serta melakukan analisis metalografi.
5. Melakukan analisa data terhadap hasil pengujian.
6. Pembuatan laporan penelitian.

3.3. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon API 5L Gr.B yang diambil dari potongan pipa dan produk coating penguat pipa dengan merek **Strongback** yang diproduksi di Amerika Serikat.

Tabel 3.1. Bahan-bahan penelitian yang digunakan^[26]

No.	Bahan	Bahan Asal	Kandungan
1	Logam baja karbon	Baja standar API 5L Gr.B	
2	Strongback GS-561		
	- Epoksi (warna biru)	- Epoxy Resin Liquid Polymer (C ₂₁ H ₂₅ ClO ₅) - P-tertbutylphenyl glycidyl ether (C ₁₃ H ₁₈ O ₂)	50-80% 5-10%
	- <i>Curing agent</i> (warna kuning)	- Benzyl Alcohol (C ₆ H ₅ CH ₂ OH) - Kevlar (N ₂ H ₃ O ₂ (OH))	12-24% 70-80%
3	Strongback GS-154		
	- Epoksi (warna putih)	- Epoxy Resin Liquid Polymer (C ₂₁ H ₂₅ ClO ₅) - p-tertbutylphenyl glycidyl ether (C ₁₃ H ₁₈ O ₂) - Poly (terephthaloylchloride (C ₆ H ₄ (COCl) ₂) / p-phenylenediamine (C ₆ H ₄ (NH ₂) ₂) - Micronized Silica (SiO ₂)	50-75% 5-10% 2-5% 5-10%

	- <i>Curing agent</i> (warna hitam)	- Mercaptan Polymer (CH ₃ SH) - 2,4,6-Tri Dimethylaminomethyl Phenol (C ₆ H ₅ OH)	50-90% 5-8%
4	Strongback BSB-330 <i>tape type</i> , anyaman (warna Putih)	- Glass fiber (dari Silica SiO ₂) - Polyisocyanate [C ₆ H ₃ (NCO)CH ₂] _n - diphenylmethane Diisocyanate (C ₁₅ H ₁₀ N ₂ O ₂), ini sebagai bahan utama polyurethane	65% 27% 9%

Tabel 3.2. Karakteristik produk Strongback^[26]

No.	Bahan	Karakteristik
1	Strongback GS-561 Epoksi + Curing + Kevlar	- memberikan ikatan yang kuat dan permanen pada komposit - menambah nilai kekuatan dan viskositas pada komposit - memberi ketahanan dari pengaruh lingkungan luar dan ultraviolet - pencampuran epoksi (biru) dan <i>curing</i> (kuning) akan menghasilkan warna baru menjadi hijau
2	Strongback GS-154 Epoksi + Curing	- menambah nilai fleksibilitas komposit - menambah nilai kekuatan dan daya rekat - menambah ketahanan komposit terhadap pengaruh air - pencampuran epoksi (putih) dan <i>curing</i> (hitam) akan menghasilkan warna baru menjadi abu-abu
3	Strongback BSB-330 (<i>tape type</i>)	- memberikan kekuatan pada dua arah, <i>hoop</i> dan <i>transversal</i> - ukuran lapisan fiber 4in x 2 ft dalam bentuk gulungan

Perbedaan warna tiap-tiap bahan dimaksudkan untuk menghindari kesalahan pencampuran. Selain itu dalam pencampuran suatu bahan ke bahan lain juga akan menghasilkan warna baru. Hal ini sesuai teori Brewster yang pertama kali dikemukakan pada tahun 1831. Teori ini menyederhanakan warna-warna yang ada di alam menjadi 4 kelompok warna, yaitu warna primer, sekunder, tersier, dan warna netral. Pada pemakaian warna primer subtraktif magenta, kuning dan biru, pencampuran warna kuning dan biru menghasilkan nuansa warna hijau, seperti pada gambar berikut^[27].



Gambar 3.2. Teori pencampuran warna

Teori pencampuran warna tersebut sama halnya dengan pencampuran produk Strongback GS-561 antara epoksi berwarna biru dan *curing* yang berwarna kuning akan menghasilkan warna hijau. Demikian juga dengan produk Strongback GS-154 untuk pencampuran epoksi warna putih dan *curing* yang berwarna hitam akan menghasilkan warna abu-abu.



Gambar 3.3. StrongBack GS-561 dan pencampuran epoksi dengan *curing*



Gambar 3.4. Serat Aramid Kevlar berbentuk bubur



Gambar 3.5. StrongBack GS-154 dan pencampuran epoksi dengan *curing*



Gambar 3.6. StrongBack Composite Tape BSB-330

3.4. Penetapan Kode Sampel dan teoritis propertis

Untuk memudahkan pengujian dan pembuatan laporan, maka perlu dilakukan pembuatan kode sampel. Namun sebelumnya kode bahan utama harus ditetapkan terlebih dahulu, seperti pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3. Kode bahan utama dan teoritis propertis

No.	Bahan Utama	Spesifikasi	Teoritis <i>Tensile strength</i> , MPa
1	Logam baja karbon API 5L Gr.B	L1	414 ^[28]
2	Strongback GS-561	A	27,6-90 ^[2]
3	Strongback GS-154	B	27,6-90 ^[2]
4	Strongback BSB-330	3L atau 6L (sesuai jumlah layer)	40 Mpa ^[2] (<i>transverse</i>)

Pada Tabel 3.4 menjelaskan kode yang diberikan pada masing-masing sampel yang menjelaskan persentase campuran bahan utama dan jumlah lapisan fiber yang diberikan.

Tabel 3.4. Kode sampel

No	Kode	Penjelasan
1	L1	Benda uji logam baja karbon
2	80A20B	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B
3	60A40B	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B
4	80A20B3L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
5	80A20B6L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
6	60A40B3L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
7	60A40B6L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
8	L1+80A20B3L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
9	L1+80A20B6L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
10	L1+60A40B3L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
11	L1+60A40B6L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass

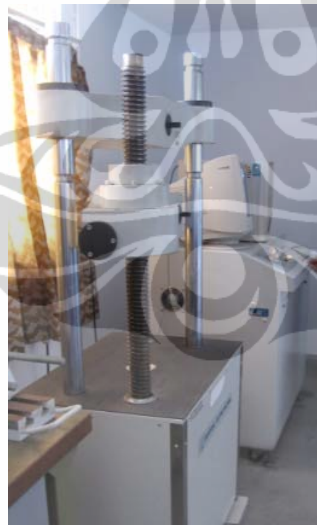
3.5. Pengujian Sampel

Untuk mengetahui karakteristik tiap-tiap sampel sesuai dengan tahapan metodologi penelitian maka dilakukan beberapa pengujian.

3.5.1. Uji Tarik Logam

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik material logam diantaranya kuat tarik (*tensile strength*), modulus kekakuan dan melihat bagaimana logam bereaksi terhadap tenaga tarikan.

- Bahan yang diuji : Logam baja karbon, dan
Logam baja karbon yang dilapisi komposit polimer
- Standar pengujian : ASTM E-8^[29]
- Mesin pengujian : GOTECH Testing Machine Capacity 30 Tonnes
- Tempat : UPTD-BLKI Balikpapan, Kalimantan Timur
- Suhu ruang uji : 23°C
- Kelembaban ruang uji : 54%



Gambar 3.7. Mesin Uji Tarik GOTECH Kap.30 Ton

Untuk mendapatkan sampel yang memenuhi standar pengujian yang telah ditetapkan, maka dilakukan preparasi seperti pada Gambar 3.8 dan dilanjutkan dengan pengecekan sampel serta pengujian seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.9



Gambar 3.8. Preparasi sampel logam L1



Gambar 3.9. Sampel logam L1 dan saat pengujian

3.5.2. Uji Tarik Komposit

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik komposit polimer diantaranya kuat tarik (*tensile strength*) dan modulus kekakuan.

- Bahan yang diuji : Komposit polimer
- Standar pengujian : ASTM D-638^[30]
- Mesin pengujian : Universal Testing Machine, Orientec Co., UCT-5T
- Tempat : Pusat Penelitian Fisika LIPI Bandung

Uji tarik dilakukan terhadap sampel yang terdiri dari pencampuran bahan utama dengan variasi volume GS-561, GS-154 dan fiber BSB-330. Pengujian mengacu pada standar ASTM D-638 (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*) dengan kondisi pengujian sebagai berikut:

- Suhu ruang uji = 23°C
- Kelembaban ruang uji = relatif 50% selama lebih dari 40 jam.
- Kecepatan tarik = 10 mm/menit
- Skala *load cell* = 20% dari 5000 kgf

Dalam pengujian tarik komposit, sampel-sampel telah disiapkan seperti pada Tabel 3.5

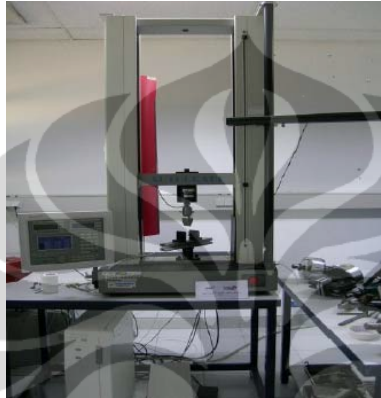
Tabel 3.5. Sampel uji tarik komposit

No	Kode	Penjelasan
1	80A20B	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B
2	60A40B	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B
3	80A20B3L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
4	80A20B6L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
5	60A40B3L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
6	60A40B6L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass

3.5.3. Uji Flexural Komposit

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai defleksi komposit polimer dalam pembebanan tertentu.

- Bahan yang diuji : Komposit polimer
- Standar pengujian : ASTM D-790^[31]
- Mesin pengujian : Universal Testing Machine, Orientec Co., UCT-5T
- Tempat : Pusat Penelitian Fisika LIPI, Bandung



Gambar 3.10. Mesin Uji Tarik & Flexural, Orientec Co., UCT-5T

Pengujian mengacu pada standar ASTM D-790 (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*) dengan metode 3-titik, prosedur-A dan menggunakan mesin Universal Testing Machine, Orientec Co., UCT-5T.

Kondisi pengujian :

- Suhu ruang uji = 23°C
- Kelembaban ruang uji = relatif 50% selama lebih dari 40 jam
- Kecepatan tekan = 2,5 - 2,9 mm/menit
- Skala *load cell* = 1% dari 5000 kgf
- Pengukuran dimensi = *vernier caliper*
- Jarak antar tumpuan = 93 – 109 mm

Tabel 3.6. Sampel uji flexural komposit

No	Kode	Penjelasan
1	80A20B	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B
2	60A40B	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B
3	80A20B3L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
4	80A20B6L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
5	60A40B3L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
6	60A40B6L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass

3.5.4. Uji Impak Komposit

Pengujian *Impact Charpy* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ketangguhan komposit polimer.

- Bahan yang diuji : Komposit polimer
- Standar pengujian : ISO-179^[32]
- Mesin pengujian : Mesin uji impact charpy, CEAST Resil
- Tempat : BPPT-Sentra Teknologi Polimer, Serpong



Gambar 3.11. Mesin Uji Impact CEAST Resil

Pengujian mengacu pada standar ISO-179 (*Plastic-Determination of Charpy Impact Properties*) dengan menggunakan mesin uji *Impact Charpy*.

Kondisi pengujian :

- Suhu ruang uji = 24,1°C
- Kelembaban ruang uji = 56%
- Pengkondisian sampel = 23°C dengan kelembaban 50% > 40 jam
- Kecepatan impak = 2,9 m/detik
- Metode uji = tanpa *notch* (*un-notch*) dengan posisi *edgewise*

Tabel 3.7. Sampel uji impak komposit

No	Kode	Penjelasan
1	80A20B	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B
2	60A40B	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B
3	80A20B3L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
4	80A20B6L	Campuran komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
5	60A40B3L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
6	60A40B6L	Campuran komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass

3.5.5. Uji Tarik Laminat Komposit

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik laminat komposit yaitu material logam yang telah di lapiasi dengan komposit.

- Bahan yang diuji : Laminat komposit
- Standar pengujian : ASTM E-8^[29]
- Mesin pengujian : GOTECH Testing Machine Capacity 30 Tonnes
- Tempat : UPTD-BLKI Balikpapan, Kalimantan Timur
- Suhu ruang uji : 23°C
- Kelembaban ruang uji : 54%

Tabel 3.8. Sampel uji tarik laminat komposit

No	Kode	Penjelasan
1	L1+80A20B3L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
2	L1+80A20B6L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 80% bahan A & 20% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass
3	L1+60A40B3L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 3 layer lapisan fiber glass
4	L1+60A40B6L	Logam yang dilapisi komposit komposisi 60% bahan A & 40% bahan B dan 6 layer lapisan fiber glass



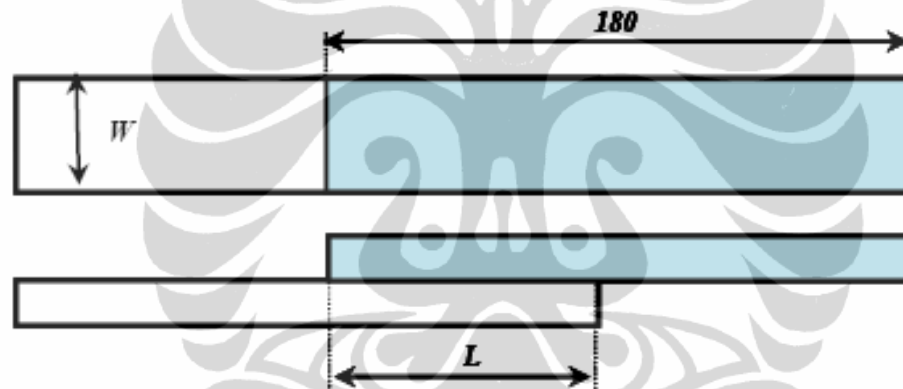
Gambar 3.12. Persiapan sampel dan pengujian

3.5.6. Uji *Bonding* (interface matriks-fiber)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan ikatan (*bonding*) antara komposit dengan logam dan matrik dengan fiber.

- Material : Logam baja karbon dilapisi komposit polimer
- Standar pengujian : ASTM E-8
- Mesin pengujian : GOTECH Testing Machine Capacity 30 Ton
- Tempat : UPTD-BLKI Balikpapan, Kalimantan Timur
- Suhu ruang uji : 23°C
- Kelembaban ruang uji : 54%

Uji *bonding* di lakukan terhadap 2 sampel, yaitu untuk epoksi *versus* logam dan epoksi *versus* lapisan fiber BS-330.



Gambar 3.13. Sampel uji *bonding*

3.5.7. Pengamatan Metalografi

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui sebaran partikel yang terbentuk dalam komposit dan analisis mikro struktur.

- Bahan : Komposit polimer
- Mesin pengujian : SEM Merk LEO type 420i.
- Tempat : CMPFA Departemen Metalurgi & Material, UI



Gambar 3.14. Mesin Uji SEM Merk LEO type 420i

Hasil pengujian SEM akan menampilkan gambar permukaan sampel yang menjelaskan sebaran matriks dan fiber serta cacat-cacat yang terjadi pada daerah fasa dan *interface*, serta dapat melihat apakah partikel-partikel dapat terdispersi secara merata atau tidak. Dengan pembesaran dan resolusi yang cukup tinggi yang dihasilkan oleh foto SEM maka dapat disimpulkan penyebab dan akibat cacat tersebut. Pada pengujian komposit polimer ini, sampel harus dilapisi dengan partikel emas (Pd-Au) untuk membantu konduktifitas sinar elektron.