

**KAJIAN KEBUTUHAN MATERIAL PIPA PADA JARINGAN
PIPA GAS BAWAH LAUT**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



DISUSUN

FAIDLUL HAQ MALIK

D321 16 504

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi:

**“KAJIAN KEBUTUHAN MATERIAL PIPA PADA JARINGAN PIPA GAS
BAWAH LAUT ”**

OLEH
FAIDLUL HAQ MALIK
D321 16 504

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal :

Di : Gowa

Pembimbing I

Pembimbing II

Wahyuddin, ST., MT.

197202051999031002

Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D.

197201181998021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan

Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.

197607192001121001

LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Judul Skripsi

**“KAJIAN KEBUTUHAN MATERIAL PIPA PADA JARINGAN PIPA GAS
BAWAH LAUT”**

OLEH

FAIDLUL HAQ MALIK

D321 16 504

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal :

Di :

Dengan panel ujian skripsi

1. Ketua : Wahyuddin, ST., MT
2. Sekretaris : Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D
3. Anggota 1 : Dr. Taufiqur Rachman, ST. MT.
4. Anggota 2 : Habibi Palippui, ST.,MT.

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan

Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.

197607192001121001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : FAIDLUL HAQ MALIK

NIM : D321 16 504

Departemen : Teknik Kelautan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul “**Kajian Kebutuhan Material Pipa Pada Jaringan Pipa Gas Bawah Laut**”. Adalah asli karya tulis saya sendiri dan bukan pengambil alihan karya tulis orang lain serta skripsi ini benar merupakan karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas tindakan tersebut.

Gowa, 21 Januari 2022

Faidlul Haq Malik

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Segala puji hanya bagi Allah SWT Yang Maha Agung, yang kami berdzikir kepadaNya setiap saat. Rahmat dan keselamatan semoga tetap dilimpahkan pada sang suri teladan penghulu keluhuran Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarganya dan para sahabat-sahabatnya yang semuanya telah menjadi bintang penerang bagi penulis untuk melakukan dan menyelesaikan karya ilmiah ini berupa tugas akhir (Skripsi).

Penelitian ini merupakan tugas akhir sebagai syarat kelulusan dan meraih gelar Sarjana Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi ini berisi penelitian tentang kajian kebutuhan material sistem jaringan pipa gas bawah laut. Dalam rangkaian penelitian ini, dipaparkan hal-hal yang melatar belakangi penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, referensi-referensi terkait penelitian, hasil yang diperoleh, serta saran dan kesimpulan. Skripsi ini memuat literatur-literatur tentang teori-teori berkaitan dengan kebutuhan material pada sistem perpipaan gas bawah laut. Tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan berupa saran sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca secara umum dan terkhusus bagi penulis.

Gowa, 21 Januari 2022

Faidlul Haq Malik

“KAJIAN KEBUTUHAN MATERIAL SISTEM JARINGAN PIPA GAS BAWAH LAUT”

Oleh: Faidlul Haq Malik

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pembimbing 1: Wahyuddin, ST., MT

Pembimbing 2: Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Pada proses pembangunan sistem perpipaan, perencanaan kebutuhan material memegang peranan yang sangat penting karena sebagian besar biaya produksi adalah untuk pengadaan material. Material utama dari sistem perpipaan adalah baja. Salah satu metode untuk merencanakan penggunaan material baja secara efektif dan efisien adalah perencanaan pemotongan pelat (nesting).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan material pelat pipa bawah laut sepanjang +3,4 km, berdiameter 10,75 inci. Pelat yang digunakan dalam desain pipa ini adalah *Carbon Steel* dengan *grade* API 5L X52. Dari hasil penelitian diperoleh total kebutuhan pelat pipa adalah sebanyak 289 lembar pelat dengan total berat kotor dari keseluruhan kebutuhan pelat adalah 352,49 ton. Berdasarkan total pelat tersebut, dapat diketahui estimasi biaya yang diperlukan untuk pembuatan jaringan pipa.

Kata Kunci: Pipa, Pelat, Material, Nesting

“ASSESSMENT OF MATERIAL REQUIREMENTS FOR UNDERMARINE GAS PIPELINE SYSTEMS”

By: Faidlul Haq Malik

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

1st Supervisor: Wahyuddin, ST., MT

2nd Supervisor: Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

In the piping system development process, material requirements planning plays a very important role because most of the production costs are for material procurement. The main material of the piping system is steel. One method to plan the use of steel material effectively and efficiently is planning for plate cutting (nesting).

This study aims to determine the material requirements of the subsea pipe plate with a length of +3.4 km, a diameter of 10.75 inches. The plate used in this pipe design is Carbon Steel with API grade 5L X52. From the results of the study, it was obtained that the total demand for pipe plates was 289 sheets with a total gross weight of 352.49 tons. Based on the total plate, it can be seen the estimated cost required for the manufacture of the pipeline network.

Keywords: *Pipe, Plate, Material, Nesting*

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, segala puji dan syukur bagi Allah SWT, sebaik-baik penolong yang menghendaki penelitian ini terselesaikan. Shalawat dan salam teruntuk baginda Rasulullah SAW, sebaik-baik manusia yang pernah ada dan datang memberi peringatan dan kabar gembira, beserta para sahabat-shahabiyah, tabi'in-tabi'uttabiin, ulama-ulama ahlusunnah dan seluruh manusia yang ittizam di atas manhaj yang baginda Rasulullah SAW bawa.

Sepintar-pintar manusia adalah manusia yang berpegang teguh dan menyempurnakan tauhid kepada Allah SWT, serta mengikuti syariat yang di bawa Rasul-Nya. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan berbagai pihak adalah sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan perkuliahan ini, terkhusus dalam penyusunan tugas Akhir ini, oleh kerennanya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Terkasih penulis yaitu Ayahanda Abdul Malik dan Ibunda Nirawaty.
2. Bapak. Wahyuddin, ST., MT. Selaku Pembimbing 1, terima kasih yang begitu besar karena telah memberikan bantuan, bimbingan, arahan.
3. Bapak Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D Selaku Pembimbing 2, terima kasih yang begitu besar untuk masukan, arahan dan bimbingannya.
4. Bapak Dr. Taufiqur Rachman, ST. MT., Habibi Palippui, ST., MT. Selaku dosen penguji, terima kasih yang begitu besar untuk masukan, arahan dan bimbingannya.
5. Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST. MT. Selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak / Ibu Dosen, Staf, dan seluruh civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada saudara-saudari Angkatan 2016 Teknik Kelautan dimana penulis tidak dapat menyebut satu-persatu. Suatu kehormatan penulis dapat melewati masa-masa perkuliahan bersama kalian.
8. Kepada saudara-saudari Labo Manajemen Bangunan Lepas Pantai Angkatan 2016 (Nur Azizah, Rahmat Fajar Jamal) Penulis sangat berterima kasih atas bantuan dalam pengerjaan skripsi ini baik dalam pengambilan data maupun penulisan serta segala pengalaman dan cerita selama pengerjaan skripsi ini.
9. Seluruh Anggota dan Pengurus HMTK FT-UH, OKFT-UH, Unit Kegiatan Mahasiswa Teknik Badminton 09 Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak pengalaman dan cerita di luar ruang-ruang kelas selama menjadi mahasiswa.
10. Kepada Nurul Rahiyatul Jannah, yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam mengerjakan skripsi ini

Akhir kata, sekali lagi terima kasih yang sebesar-besarnya semoga Allah Azza Wa Jalla membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dengan baik

Gowa, 21 Januari 2022

Faidlul Haq Malik

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJUAN PUSTAKA	5
2.1 Jalur Pemipaan	5
2.2 Tujuan Perancangan Sistem Pemipaan.....	9
2.3 Standarisasi Pipa Internasional.....	9
2.4 API 5L	11
2.5 Bagian-Bagian Utama Dalam Pemipaan.....	13
2.6 <i>Fitting Pipe</i>	14
2.7 <i>Flange</i>	16
2.8 Jenis-Jenis Penyambungan	17
2.9 Jenis-Jenis Pipa Berdasarkan Fabrikasi.....	19
2.10 Produksi Pipa.....	24
2.11 Metode Nesting	26
2.12 Perhitungan Biaya Pelat	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Diagram Alur Penelitian.....	31
3.2 Prosedur Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Lokasi dan Karakteristik Sistem Perpipaian.....	34
4.2 Data Pipeline	34
4.3 Identifikasi Komponen Perpipaian	34
4.3.1 Daftar Komponen Konstruksi	34
4.3.2 Bahan Baku Material Pelat.....	35
4.3.3 Penyusunan Pola Pemotongan Pelat (<i>Nesting</i>)	37
4.3.4 Perhitungan Efisiensi Nesting, Utilitas, dan Panjang Pemotongan	38
4.4 Perhitungan Biaya Kebutuhan.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Piping pada suatu industri (<i>oil and gas industry</i>).....	6
Gambar 2.2 <i>Pipeline system</i>	6
Gambar 2.3 Standar diameter.....	10
Gambar 2.4 Diameter pipa menurut ANSI dan ASME.....	10
Gambar 2.5 <i>Fitting Elbow 90° dan 45°</i>	14
Gambar 2.6 <i>Fitting reducer concentric dan eccentric</i>	15
Gambar 2.7 <i>Fitting straight tee dan reducer tee</i>	16
Gambar 2.8 <i>Fitting cap</i>	16
Gambar 2.9 <i>Flange</i>	17
Gambar 2.10 Sambungan pipa dengan pengelasan (<i>but weld joint</i>)	18
Gambar 2.11 Sambungan pipa ulir (<i>trhreadedi</i>)	18
Gambar 2.12 Sambungan pipa menggunakan <i>flens (flange)</i>	18
Gambar 2.13 <i>Spiral welded pipe</i>	19
Gambar 2.14 <i>Spiral welded process</i>	20
Gambar 2.15 <i>Seamless pipe</i>	20
Gambar 2.16 <i>Mandrel mill process</i>	21
Gambar 2.17 <i>Mannesmann plug mill process</i>	22
Gambar 2.18 <i>Butt-welded pipe</i>	23
Gambar 2.19 <i>Straight SAW welded pipe</i>	23
Gambar 2.20 <i>Tube pada heat exchanger</i>	24
Gambar 2.21 <i>Flow chart</i> pembuatan pipa baja	26
Gambar 2.22 Diagram kerja/ kesimpulan cara kerja dari pada pengaturan dasar sistem <i>heuristic (rule-based heuristic nesting system)</i>	27
Gambar 2.23 Layout pengaturan dasar <i>heuristic</i> pada pola beraturan, a. Tanpa memperhatikan sudut dari pada pola. b. Memperhatikan sudut dari pada pola. 28	
Gambar 2.24 Layout pengaturan dasar <i>heuristic</i> pada pola tidak beraturan, a. Tanpa memperhatikan sudut dari pada pola. b. Memperhatikan sudut dari pada pola.	28
Gambar 2.25 Layout pengaturan pola besar hingga pola kecil dari pola tidak beraturan.	28
Gambar 2.26 Gambar kerja pada satu lembaran pelat	30
Gambar 2.27 Harga pelat perton	30
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	31
Gambar 4.1 Contoh penggunaan kode atau penamaan	36

Gambar 4.2 Contoh pola pemotongan	38
Gambar 4.3 Contoh pola pemotongan	38
Gambar 4.4 Gambar kerja pada satu lembar pelat	38
Gambar 4.5 Panjang pemotongan pelat	40

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Standar API untuk material pipa <i>grade 5LX</i>	13
Table 2.2 Hasil dari <i>nesting</i> berdasarkan metode <i>heuristik</i>	29
Table 4.1 Data ukuran pipa dan material yang digunakan.....	34
Table 4.2 Data kebutuhan jaringan pipa	35
Table 4.3 Data kebutuhan <i>weld neck flange</i>	35
Table 4.4 Data nama komponen konstruksi.....	35
Table 4.5 Pengkodean komponen konstruksi.....	37
Table 4.6 Total kebutuhan pelat dan efisiensi <i>nesting</i>	41
Table 4.7 Perhitungan analisa ekonmi kebutuhan material pipeline.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Rute LayOut
Lampiran 2	Tabel Perhitungan Nesting PipeLine
Lampiran 3	Gambar Nesting Pelat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pipa penyalur (*pipeline*) merupakan sarana yang banyak digunakan untuk mentransmisikan fluida pada industri minyak dan gas (migas). Penggunaannya cukup beragam, antara lain untuk mengalirkan fluida dari sumur menuju tempat pengolahan atau bangunan anjungan lepas pantai (*offshore facility*) ataupun dari bangunan anjungan lepas pantai langsung ke darat (*onshore facility*).

Pada industri migas, pipa logam merupakan jenis pipa yang paling banyak digunakan, terutama yang terbuat dari baja. Hal ini disebabkan karena pipa baja sudah tersedia data-data yang lengkap tentang keandalannya dan aturan perancangannya. Namun biasanya dalam kebutuhan material dalam proyek kadang terlambat.

Agar proses produksi berjalan efektif dan efisien, pengawasan dan pengendalian persediaan menjadi masalah yang sangat penting karena jumlah persediaan akan menentukan atau mempengaruhi kelancaran produksi. Dalam perusahaan manufaktur bahan baku merupakan kebutuhan utama dalam proses produksi, karena bahan baku inilah yang akan diolah menjadi produk jadi. Untuk itu, pengolahan kebutuhan bahan baku merupakan kegiatan yang sangat penting bagi perusahaan dalam rangka kelancaran pekerjaan.

Material merupakan salah satu penunjang utama kegiatan proyek. Perencanaan persediaan material dalam keberlangsungan kegiatan proyek merupakan hal yang sangat penting. Apabila terjadi kehabisan atau keterlambatan terhadap suatu barang yang diperlukan dalam kegiatan proyek, maka hal ini akan menyebabkan terjadinya gangguan pelaksanaan proyek yang berakibat mundurnya waktu penyelesaian proyek. Bagi proyek konstruksi, perencanaan persediaan material merupakan hal yang sangat penting, karena persediaan material ini berperan dalam menunjang kelancaran seluruh kegiatan pada pelaksanaan proyek (Sopiah, Y., & Pramono, D. 2013).

Semua perusahaan pada dasarnya mengadakan perencanaan dan pengendalian bahan dengan tujuan pokok menekan (meminimalkan) biaya dan

untuk memaksimalkan laba dalam waktu tertentu. Dalam perencanaan dan pengendalian bahan baku yang menjadi masalah utama adalah pengadaan persediaan bahan yang paling tepat agar kegiatan produksi tidak terganggu dan dana yang anggarkan dalam persediaan bahan tidak berlebihan, hal tersebut berpengaruh terhadap penentuan berapa kuantitas yang akan dibeli dalam periode tertentu, berapa jumlah atau kuantitas yang dibeli dalam setiap kali dilakukan pembelian, agar perusahaan terhindar dari kemacetan produksi akibat keterlambatan bahan, dan berapa jumlah maksimum kuantitas bahan dalam persediaan agar dana yang direncanakan tidak berlebihan (Mawan Arifin. 2015).

Proyek “Pipa Transmisi Gas KLD *Platform* ke KLB *Platform*” milik Pertamina PHE ONWJ yang berada di laut Jawa, dengan pipa berdiameter 10,75 inci sepanjang + 3,4 km. PT. X ialah konsultan untuk pengerjaan proyek tersebut.

Dari Urian di atas, penulis melakukan penelitian tertuang dalam suatu skripsi dengan judul “**Kajian Kebutuhan Material Pipa Pada Jaringan Pipa Gas Bawah Laut**”. Dengan target keluaran yaitu mengetahui jumlah kebutuhan dan harga material pelat pipa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, permasalahan pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa kebutuhan material pelat yang dibutuhkan untuk membangun jaringan pipa tersebut.
2. Berapa total biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan material baja untuk konstruksi jaringan pipa tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai penulis dalam melakukan penelitian ini adalah dapat mengidentifikasi kebutuhan material jaringan pipa *gas* dan biaya material yang digunakan oleh Pertamina Hulu Energi ONWJ.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban dari permasalahan-permasalahan yang telah dirumuskan sehingga dapat memberikan kegunaan sebagai berikut:

1. Bagi pengembangan ilmu atau para peneliti, penelitian ini dapat menambah pengetahuan terkait kebutuhan material suatu proyek. Sehingga dapat membuat perhitungan biaya suatu proyek.
2. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi suatu instansi tertentu dalam mengestimasi biaya penyelesaian proyek dan menentukan jumlah kebutuhan material.

1.5 Batasan Penelitian

Agar pembahasan masalah tidak terlalu meluas dan dapat lebih terarah, maka perlu dikemukakan beberapa batasan permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Manajemen material hanya pada lingkungan PT. X.
2. Aspek ekonomi digunakan dalam menentukan kebutuhan material jaringan pipa.
3. Analisis hanya pada kebutuhan material pipa pada jaringan pipa.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah melihat dan mengetahui pembahasan yang ada pada tugas akhir ini secara menyeluruh, maka perlu dikemukakan sistematika yang merupakan kerangka dan pedoman penulisan skripsi. Adapun penulisannya sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan, membahas latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan pustaka, dalam bab ini menguraikan tentang, pemipaan, *fitting pipe*, fabrikasi pipa, *nesting*, dan kebutuhan biaya material.

BAB III Metodologi penelitian, meliputi metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian, penjelasan tentang spesifikasi dan analisis data, serta diagram alur penelitian.

BAB IV Hasil dan pembahasan menguraikan tentang kebutuhan material pelat pipa gas bawah laut.

BAB V Penutup, meliputi kesimpulan serta saran dari penulis atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Jalur Pemipaan

Jalur pemipaan adalah sebuah proses untuk mengantarkan fluida (dalam hal ini bisa minyak mentah atau gas) dari sumur pengeboran hingga sampai ke konsumen, yang dilengkapi dengan fasilitas pendukung. Secara umum pipa ditentukan berdasarkan material (bahan) penyusunnya. Ukuran diameter pipa didasarkan pada diameter "Nominal" antara diameter luar (OD) atau diameter dalam (ID). *Tubing* adalah pipa dengan ukuran diameter yang lebih kecil dari pipa, kegunaannya (secara umum) adalah untuk penghubung antara alat ukur dengan pipa proses dan dari instrumen ke sistem kontrol. Ukuran standar untuk *tubing* selalu diameter luar (OD).

Pipa biasanya berbentuk silinder dan dalam penggunaannya sudah dispesifikasi dan distandarisasi. Termasuk sistem pemipaan ini adalah pipa, sambungan, katup, pompa dan peralatan lain yang terkait, pada industri *oil and gas* terdapat sebutan *piping* dan juga *pipeline*.

1. *Piping*

Piping adalah sistem pemipaan yang mengalirkan fluida dari satu atau beberapa peralatan (*equipment*) pada suatu fasilitas pengolahan untuk diolah dalam satu fasilitas yang mana letaknya tidak berjauhan, maka pipa yang menghubungkan pun tidak terlalu panjang.

Piping sering disandingkan dengan *terminology process piping*, yang diartikan sebagai sistem dari sebuah pemipaan yang mengangkut fluida untuk keperluan proses (contohnya udara, gas, air, bahan bakar, bahan kimia) dalam sebuah unit pengolahan seperti pada Gambar 2.1 adalah contoh salah satu *piping* pada suatu industri *oil* dan *gas*. Fluida tersebut nantinya terlibat dalam pembuatan produk atau sekedar untuk membangkitkan energi (listrik).

Penghubung pipa satu dengan pipa yang lainnya disebut dengan *spool*, umumnya menggunakan metode pengelasan walaupun sering pula menggunakan *flange*. Untuk pipa yang menggunakan tekanan rendah dan tidak terlalu berbahaya (*non-hazard fluids*) seperti air atau cairan pembuangan, dapat menggunakan

mekanisme penyambungan dengan *spigot*. Pada umumnya pada piping digunakan pipa dengan diameter yang tidak terlalu besar.



Gambar 2.1 Piping pada suatu industri (*oil and gas industry*)
(sumber: <https://alvindocs.com>)

2. *Pipeline*

Terkadang antara sumber dengan unit pengolahan tidak berada pada satu tempat. Misalnya, unit pengolahan (*refinery*) berada sangat jauh dari tempat dimana sumber fluidanya berada, oleh karena itu perlu dibuat jalur pemipaan yang menghubungkan dua fasilitas tersebut, hal tersebut dikenal dengan *pipeline*.

Terminology pipeline diartikan sebagai jaringan dari pipa air, limbah (*sewage*), gas atau *hidrokarbon fluida* dari sumber (contohnya *reservoirs, steam plant, oil and gas wells, refineries*) yang dialirkan ke distributor. Dengan sistem *pipeline* ini biasanya pipa akan melalui jarak ribuan kilo meter, dan menghubungkan satu fasilitas ke fasilitas lainnya yang kadang juga menghubungkan antar negara. Pipa tersebut dapat diletakan di atas tanah (*above ground*) seperti pada Gambar 2.2, di dalam tanah (*under ground*) atau bahkan di dalam laut.



Gambar 2.2 *Pipeline system*
(sumber: <https://alvindocs.com>)

Dibanding dengan *piping*, maka diameter pipa yang digunakan dalam *pipeline* cukup besar sekitar 6 - 48 inch, kemudian jarak yang ditempuh sangat jauh, dan cenderung lurus. Oleh karenanya akan lebih sedikit menggunakan komponen *fitting*.

Sistem perpipaan (*pipeline system*) terdiri atas beberapa komponen yang dirangkai dalam satu kesatuan bertujuan untuk alat transportasi fluida dari penampung fluida ke penampung fluida lainnya. Komponen sistem perpipaan terdiri atas beberapa bagian:

a. Pipa

Berfungsi sebagai media untuk mengalirkan fluida. Bahan dari pipa berasal dari *carbon steel*, *stainless steel*, *chrome*, *galvanis*, *PVC (Poly Vinyl Chloride)* dan bahan lainnya. Untuk ukuran dari pipa biasanya ditunjukkan dengan nilai OD dan *schedule*. OD (*Outside Diameter*) yaitu ukuran diameter luar pipa, sedangkan *schedule* untuk menunjukkan ketebalan pipa.

b. *Fitting*

Fitting adalah sambungan pada sistem perpipaan yang memiliki bentuk dan ukuran serta memiliki fungsi tertentu. Ada banyak jenis *fitting* seperti *90° elbow*, *135° elbow*, *tee*, *reducer*, *cap* dll. Penggunaan *fitting* ini memudahkan dalam sistem perpipaan yang memiliki desain yang kompleks.

c. Katup

Katup atau *valve* merupakan komponen yang cukup penting pada sistem perpipaan yang berfungsi untuk membuka, menutup, dan mengatur aliran fluida. Katup memiliki berbagai macam tipe seperti *gate valve* (katup), *globe valve*, *ball valve*, *butterfly valve*, *check valve* (katup searah), dan *safety valve* serta masih banyak jenis katup lainnya. Masing-masing katup memiliki konstruksi dan fungsi yang berbeda tergantung dari jenis katup.

Seperti *gate valve* yang dioperasikan *fully open* atau *fully close*, *globe valve* untuk mengatur aliran. Lalu ada *check valve* yang berfungsi membuat aliran hanya satu arah dengan mencegah aliran balik. Jadi tipe katup memiliki fungsi masing-masing dan penggunaannya sesuai yang dibutuhkan pada sistem perpipaan.

d. *Flange*

Pipa biasanya memiliki panjang yang terbatas, oleh karena itu diperlukan penyambungan pipa dengan menghubungkan antara dua pipa yang memiliki ukuran yang sama menggunakan *flanges*. Cara pemasangan *flanges* adalah dengan menempelkan keduanya lalu antara kedua *flanges* tersebut dipasang gasket untuk mencegah kebocoran. Setelah itu baru dikencangkan dengan baut.

e. *Gasket*

Gasket berfungsi mencegah kebocoran pada sambungan *flanges*. *Gasket* biasanya terbuat dari karet yang diletakkan di antara dua *flanges*. Ketika *flange* dikencangkan dengan baut maka *gasket* dapat mencegah kebocoran.

Gasket memiliki beberapa tipe lainnya seperti *viton gasket* yang bisa digunakan untuk bahan-bahan kimia tertentu, PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) *graphite gaskets*, dan EPDM (*Ethylene Propylene Diene Manomer*).

f. *Expansion Joint*

Expansion joint adalah alat yang digunakan untuk memungkinkan pergerakan dalam suatu sistem perpipaan ketika fluida yang melaluinya bertekanan dan bersuhu tinggi. Kenaikan panas, pergerakan *equipment*, getaran, atau tekanan sering menyebabkan pergerakan dalam sistem perpipaan. Ketika fleksibilitas untuk meredam pergerakan tersebut tidak didesain ke sistem perpipaan, maka penggunaan *expansion joint* merupakan solusi ideal.

g. *Strainer*

Strainer berfungsi untuk menyaring benda-benda tertentu pada aliran fluida. Seperti kotoran-kotoran, kerak, logam sisa las, karat, dan benda padat lainnya yang masuk ke sistem. *Strainer* biasanya dipasang pada hulu sistem agar peralatan pada hilir tidak mengalami kerusakan. Saat saringannya sudah mulai tersumbat, maka saringan perlu dikeluarkan dan dibersihkan agar bisa digunakan kembali.

h. *Spool*

Adalah teknik penyambungan khusus dengan menggunakan *flange* dan aksesoris *stub end*. Cara penyambungan ini dilakukan dengan baut yang kemudian merekatkan ujung pipa satu dengan yang lain.

2.2 Tujuan Perancangan Sistem Pemipaan

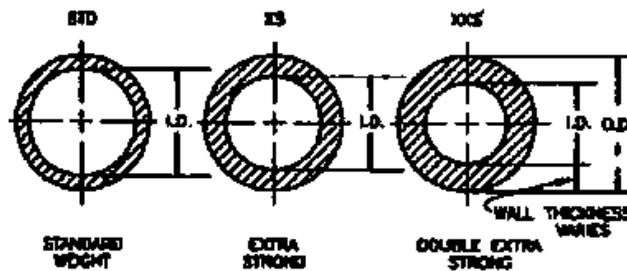
Terdapat beberapa hal yang penting dalam melakukan perencanaan sistem pemipaan, yaitu:

1. Menentukan jenis material yang sesuai dengan kondisi kerja seperti, tekanan *external/internal*, suhu, korosi dll.
2. *Standard Code* mana yang sesuai untuk diaplikasikan pada sistem perpipaan yang akan dirancang. Pemilihan *standard code* yang benar akan menentukan arah perancangan secara keseluruhan, baik dari segi biaya, reliabilitas, *safety design*, dan *stress* analisis.
3. Perhitungan dan pemilihan ketebalan pipa. Pemilihan ketebalan pipa (*schedule number*) sebaiknya memenuhi kriteria cukup, aman, dan ketersediaan stok di pasaran.
4. Dengan cara bagaimana sistem perpipaan akan dikoneksikan satu sama lain, jenis sambungan, dan material sambungan seperti apa yang sesuai.
5. Bagaimana *planning* dan *routing* dari sistem perpipaan akan dilakukan. *General arrangement*, dan *routing* sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan aspek *inherent safety design*, konsumsi pipa seminimum mungkin tanpa mengorbankan dan mengurangi kemampuan, fungsi dan operasional dari peralatan yang terkoneksi.

2.3 Standarisasi Pipa Internasional

1. Diameter Standar
 - Diameter dalam : (ID = *Inside Diameter*).
 - Diameter luar : (OD = *Outside Diameter*).
 - Diameter Nominal : (NPS = *Nominal Pipe Size*).
- a. NPS: *Nominal Pipe Size*, diameter, (ID) satuannya inci (pendekatan dalam bentuk diameter bagian dalam (*inside* dari pipa)).
- b. DN: Diameter Nominal, digunakan oleh Negara di daratan Eropa, dengan satuan milimeter.
- c. Sch atau *Schedule* adalah menunjukkan ukuran ketebalan dinding pipa atau *wall-thickness* (seringkali merupakan data ID dan *wall thickness*).

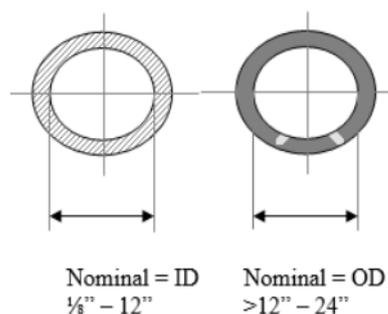
- d. Sebagai tambahan beberapa standart memberikan metode untuk menentukan ketebalan suatu pipa. Salah satu cara yang umum dapat terlihat di Gambar 2.3 dengan beratnya yang diklasifikasikan sebagai berikut:
- i. STD-*Standard* atau *Standart Weight* untuk tebal dinding normal pada tekanan pipa 150 psi.
 - ii. XS-*Extra strong* atau *Extra Heavy* dengan tekanan diatas 300 psi.
 - iii. XXS - *Double extra strong* untuk tekanan diatas 600 psi.



Gambar 2.3 Standar diameter
(sumber: <https://alvindocs.com>)

Menurut ANSI (*American National Standard Institute*) dan ASME (*American Society of Mechanical Engineer*) yang terlihat pada Gambar 2.4, ukuran diameter pipa ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk ukuran pipa $\frac{1}{8}$ " – 12" nominal diameter pipa tidak sama dengan diameter luarnya, yang diukur adalah ID atau *inside diameter*.
2. Untuk ukuran pipa >12 " – 24" nominal diameter pipa sama dengan OD (diameter luar).



Gambar 2.4 Diameter pipa menurut ANSI dan ASME
(sumber: Abdillah. F. 2019)

Untuk pipa yang memiliki OD (*outside diameter*) sama, namun bisa memiliki tebal dinding yang berbeda beda sesuai dengan *schedule number*-nya.

2. *Material Standard*

Standar bahan yang dipakai biasanya memakai standar Amerika, yaitu yang dikenal dengan nama :

ASTM = *American Society for Testing Material.*

API = *American Petroleum Institute.*

ANSI = *American National Standard Institute.*

a. Pipa Baja Karbon (*Carbon Steel Pipe*)

ASTM – A. 53 (*Grade A and B*).

ASTM – A. 106 (*Grade A,B,C*).

ASTM – A. 155.

b. Pipa Baja Stainless (*Stainless Steel Pipe*)

ASTM – A.132 Type 304 (AISI 304).

ASTM – A.312 Type 321 (NASI 321).

ASTM – A.358 Type 321 (AISI 321).

c. Pipa Baja Tuang

ANSI – A.211.

d. Pipa Lapisan Seng (*Galvanized Pipe*)

ASTM – A. 53 *Galvanized.*

ASTM – A. 120 *Galvanized.*

Standar bentuk pipa berdasarkan ujungnya

PLAIN END = Sambungan pipa dengan *socket welding*.

THREADED END = Sistem sambungan pipa berulir.

BEVELED END = Sistem sambungan *butt welding*.

2.4 **API 5L**

Material logam mulai digunakan untuk sistem perpipaan secara reguler dimulai pada tahun 1950-an, seiring pemberlakuan Code API 5L tentang pemilihan material baja untuk sistem perpipaan. Pada akhir tahun 1980-an terdapat berbagai macam jenis material baja untuk pipa berdasar pada grade yang ditetapkan oleh API, di antaranya Grade A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70, dan X80. Pada masing-masing grade tersebut terdapat perbedaan sifat - sifat mekanik yang bergantung pada kandungan kimia dari material penyusunnya. Secara umum spesifikasi dalam manufaktur material baja untuk sistem perpipaan

mengacu pada komposisi kimia, kekuatan material dan toleransi terhadap proses manufaktur yang digunakan untuk pembentukan pipa.

Untuk mendapatkan material pipa yang benar dan sesuai dengan perancangan sistem perpipaan, terdapat beberapa kriteria yang dapat digunakan dalam analisis pemilihan material pipa, antara lain:

1. Sifat-sifat mekanik, meliputi:
 - a. *strength* yaitu kekuatan material pipa terhadap beban statik.
 - b. *toughness* yaitu ketangguhan material pipa terhadap beban dinamik.
 - c. *ductility* yaitu keuletan yang dimiliki oleh material pipa, dimana berhubungan dengan proses intalasi sistem perpipaan.
2. *Weld ability* yaitu kemampuan material pipa untuk mudah dilas pada proses penyambungan dalam proses instalasi.
3. *Corrosion resintance* yaitu ketahanan material pipa terhadap adanya korosi.
4. *Cost* , berhubungan dengan harga material pipa yang akan dipakai.
5. *Availability*, berhubungan dengan ketersediaan material pipa di pasaran dalam jumlah yang banyak. Hal ini perlu dianalisis untuk menghindari adanya *special order* yang memungkinkan adanya pengeluaran biaya yang besar.

Pada operasinya sistem perpipaan akan menerima berbagai beban yang berasal dari kondisi operasi maupun dari lingkungan sekitar. Pemilihan material pipa yang tepat dan sesuai dengan kondisi operasi dan lingkungan akan menjadi jaminan awal tidak akan terjadi kegagalan pada sistem perpipaan pada saat dioperasikan.

Dalam sistem perpipaan dikenal istilah SMYS (*Specific Minimum Yield Strength*) dan SMTS (*Specific Minimum Ultimate Tensile Strength*) dimana masing-masing menunjukkan kekuatan luluh dan kekuatan tarik dari material pipa. Penamaan *grade* dalam *Code API 5L*, pada beberapa jenis material pipa dikelompokkan berdasarkan pada besar SMYS supaya lebih memudahkan dalam analisis pemilihan material pipa. Tetapi pada *grade* material pipa yang lain, sistem penamaannya tidak tergantung pada besar SMYS yang dimiliki. Table 2.1 berikut memberikan beberapa material pipa yang terdapat pada *Code API 5L*, dimana penamaan *grade*-nya sesuai dengan besar SMYS yang dimiliki.

Table 2.1 Standar API untuk material pipa *grade* 5LX

Specification	Yield Strength, Minimum		Yield Strength, Maximum		Ultimate Tensile Strength, Minimum		Ultimate Tensile Strength, Maximum	
	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa
API 5L X42	42.000	290	72.000	496	60.000	414	110.000	785
API 5L X46	46.000	317	76.000	524	63.000	434	110.000	785
API 5L X52	52.000	359	77.000	531	66.000	455	110.000	785
API 5L X56	56.000	386	79.000	544	71.000	490	110.000	785
API 5L X60	60.000	414	82.000	565	75.000	517	110.000	785
API 5L X65	65.000	448	87.000	600	77.000	531	110.000	785
API 5L X70	70.000	483	90.000	621	82.000	565	110.000	785
API 5L X80	80.000	552	100.000	690	90.000	621	120.000	827

(Sumber: *Code* API 5L)

2.5 Bagian-Bagian Utama Dalam Pemipaan

Terdapat bagian-bagian penting dalam sebuah struktur pemipaan, di antaranya adalah :

1. Fasilitas Tangki Penyimpanan

Terdapat dua tipe tangki penyimpanan yaitu tangki di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah, keduanya berfungsi untuk menyimpan minyak mentah atau gas dari sumur pengeboran dan yang sudah diolah. Biasanya berbentuk silinder dan dapat menampung dalam jumlah yang besar.

2. Stasiun untuk Pompa dan Kompresor

Stasiun pompa dan kompresor diperlukan untuk mengalirkan fluida melalui pipa (agar fluida dapat terus bergerak maka tekanan di dalam jalur pemipaan harus ditingkatkan) untuk meningkatkan tekanan digunakan pompa dan kompresor. Biasanya minyak mentah sudah distabilkan (kandungan gas sudah dihilangkan) sebelum diterima oleh stasiun ini. Stasiun pompa yang kecil memiliki satu sampai tiga tangki pengumpul dan lebih dari satu pompa yang memiliki daya 150 - 373 kW. Untuk pipa gas tekanan yang dihasilkan lebih dari 3,445 bar.

3. Jalur Pengumpul dan Jalur Transmisi

Jalur pipa untuk menyalurkan fluida atau gas dari sumur-sumur pengeboran ke stasiun pengumpul, ukuran pipa biasanya lebih dari 10 inci serta tekanan operasinya sama dengan tekanan operasi jalur transmisi yaitu berkisar 34,45 – 96,46 *bar*.

2.6 *Fitting Pipe*

Fitting pipa atau sambungan pipa adalah salah satu jenis komponen yang sering digunakan dalam proses instalasi yaitu pada sistem pemipaan, *fitting* pun memiliki perbedaan mulai dari ukurannya bentuknya sampai karakternya. Bagian ini merupakan bagian penting dalam sistem perpipaan, dan tentunya memiliki fungsi yang berbeda-beda.

Fitting pipa biasanya terbuat dari *billet* / baja silinder pejal yang biasa disebut *seamless* (pipa tanpa sambungan) dan dari pelat strip baja yang disambung / di las menjadi pipa, biasa disebut *welded*. Berikut ini adalah beberapa *fitting pipe*:

1. *Elbow*

Elbow merupakan jenis *fitting* pipa yang membungkuk pada sudut atau kurva untuk membuat pipa menjadi lurus sehingga bisa mempermudah menyatu pada sudut. Sedangkan fungsi dari *fitting elbow* ini adalah untuk mengubah arah aliran, diameter pipa, atau membuat percabangan agar fluida (berupa gas, cairan atau plasma) mengalir lancar.

Ada beberapa jenis yang dimiliki *elbow*, yang tergantung pada kebutuhan konsumen mulai dari dimensi derajat maupun jenis dratnya, seperti *elbow 45°*, *elbow 90°*, *elbow* dengan drat luar atau dalam yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Fitting Elbow 90° dan 45°*
(sumber: <https://alvindocs.com>)

2. Reducer

Fitting Reducer memiliki peran yang sesuai dengan namanya, yaitu bertugas untuk *me-reduce* atau mengurangi aliran fluida. Jadi yang dikurangi adalah ukuran pipanya saja dan yang dimaksud bukanlah *valve*-nya.

Jadi *reducer* ini akan bertugas untuk menggabungkan dari ukuran yang diameternya yang lebih besar ke yang kecil, atau sebaliknya. Pada Gambar 2.6 *fitting reducer* ini, pasti akan ada dua jenis dan keduanya memiliki peran masing-masing yaitu *eccentric reducer* dan *concentric reducer*.

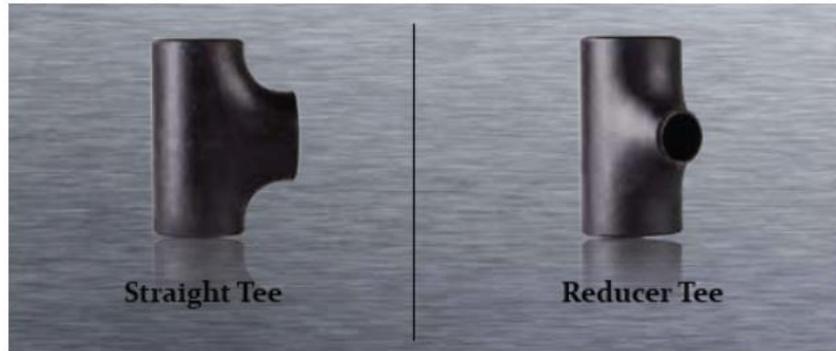


Gambar 2.6 *Fitting reducer concentric dan eccentric*
(sumber: <https://alvindocs.com>)

3. Tee

Fungsi *tee* adalah untuk membelokkan, komponen *fitting* pipa juga ada yang berguna untuk membagi aliran menjadi dua arah dan disebut sebagai *tee*. Sesuai dengan namanya “T” maka *fitting* ini berbentuk seperti huruf T yang memiliki tiga cabang yang dihasilkan berawal dari pipa lurus yang dibelokkan ke kanan dan kekiri.

Pada umumnya berbentuk T namun juga ada beberapa jenis *tee* juga yang berbentuk Y dan disebut *Y-Branch* tetapi ada juga yang menyebutnya *tee*. Begitu juga dengan *tee* dengan ujung yang ciut / mengecil, yang biasa disebut dengan *tee with reducer*, yaitu ujung kanan-kirinya sama namun pada bagian tengahnya mengecil yang dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Fitting straight tee dan reducer tee*
 (sumber: <https://alvindocs.com>)

4. *Cap*

Komponen *fitting* pipa ini punya fungsi untuk menghentikan aliran pada ujung pipa. Biasanya *fitting* pipa *cap* yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 ini langsung dilas pada bagian pipa utama. *Fitting cap* fungsinya sama dengan *blind flange*, penutup aliran fluida yang dapat dibongkar dan dilepas.



Gambar 2.8 *Fitting cap*
 (sumber: <https://alvindocs.com>)

2.7 *Flange*

Flange pada Gambar 2.9 adalah salah satu jenis sambungan pada sistem perpipaan, misalnya pipa dengan pipa, pipa dengan *valves*, pipa dengan komponen lainnya umumnya menggunakan *flange*. Sambungan *flange* dibuat dengan cara menyatukan dua buah *flange* dengan menggunakan baut dan mur, serta menyisipkan *gasket* antara kedua *flange* tersebut. Hal penting yang harus diperhatikan adalah kekuatan dari *flange* yang akan digunakan. Ketahanan dari *flange* terhadap tekanan adalah berbanding terbalik dengan temperatur (*pressure – temperature rating*). Makin tinggi suhu makin rendah kemampuan *flange* terhadap tekanan. Ukuran pemilihan material *flange* yang mempunyai ukuran pipa ½ sampai 24 inci telah diatur dalam ASME 16.5. sedangkan untuk *flange* dengan pipa-pipa

berukuran besar atau di atas 24 inci menggunakan standar ASME 16.47. Jenis-jenis *flange* antara lain:

1. *Flange (WN Flange) Slip On Flange (SO Flange)*.
2. *Lap Joint Flange (Lap Flange)*.
3. *Welding Neck*.
4. *Expander Flange (Exp Flange)*.



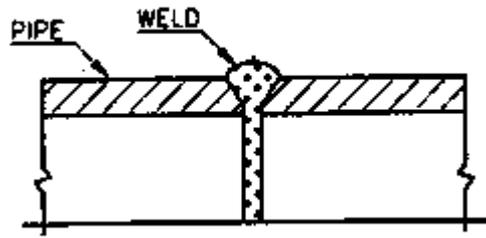
Gambar 2.9 *Flange*
(sumber: <https://alvindocs.com>)

2.8 Jenis-Jenis Penyambungan

Dalam penggunaan pipa banyak sekali diperlukan sambungan, baik sambungan antara pipa dengan pipa maupun sambungan antara pipa dengan peralatan yang diperlukan seperti katup (*valve*), instrumentasi, nozel (*nozzle*) peralatan atau sambungan untuk merubah arah aliran.

1. Sambungan Las (*but weld joint*)

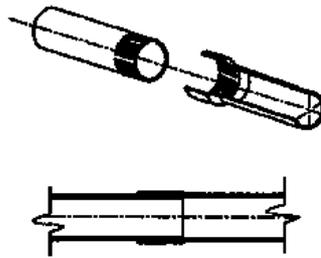
Jenis pengelasan yang dilakukan adalah tergantung pada jenis pipa dan penggunaannya, misalnya pengelasan untuk bahan *stainless steel* menggunakan las busur gas *wolfram*, dan untuk pipa baja karbon digunakan las metal yang dapat dilihat pada Gambar 2.10. Tipe sambungan pipa jenis ini cocok untuk pipa yang berukuran besar, ketahanan atas kebocorannya cukup bagus, sambungannya dapat dicek kualitasnya menggunakan *radiography*. Kelemahan sambungan jenis ini yaitu sambungan akan mempengaruhi aliran fluida karena las-lasan yang berada di dalam pipa, tidak dapat dikontrol atau dibersihkan.



Gambar 2.10 Sambungan pipa dengan pengelasan (*but weld joint*)
(sumber: <http://www.idpipe.com>)

2. Sambungan Ulir (*threaded*)

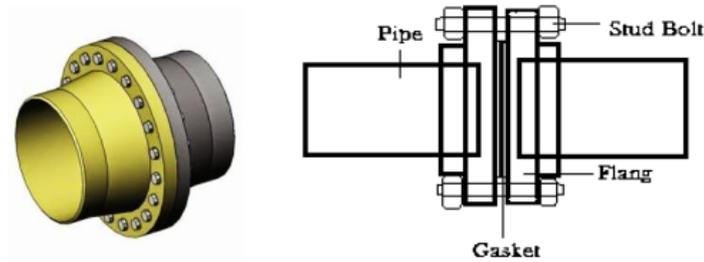
Penyambungan ini digunakan pada pipa yang bertekanan tak terlalu tinggi. Kebocoran pada sambungan ini dapat dicegah dengan menggunakan gasket. Umumnya pipa dengan sambungan ulir digunakan pada pipa dua inci ke bawah. Sambungan pipa ulir dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Sambungan pipa ulir (*threaded*)
(sumber: <http://www.idpipe.com>)

3. Menggunakan *Flange*

Kedua ujung pipa yang akan disambungkan menggunakan *flens* kemudian diikat dengan baut yang dapat dilihat pada Gambar 2,12.



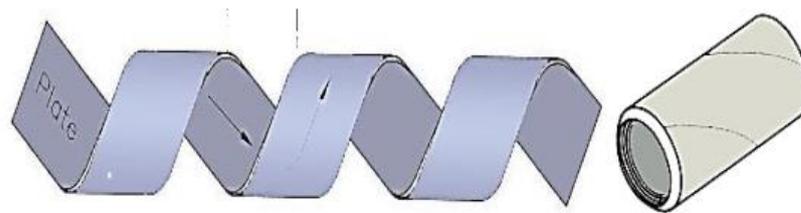
Gambar 2.12 Sambungan pipa menggunakan *flens (flange)*
(sumber: <http://www.idpipe.com>)

2.9 Jenis-Jenis Pipa Berdasarkan Fabrikasi

Secara umum, ada 3 metode pembuatan pipa baja karbon, dimana juga metode tersebut menjadi nama untuk menyebutkan jenis pipa-pipa tersebut, (*carbon steel*) yang digunakan untuk bidang migas dan industri. Metode itu adalah metode *seamless pipe*, *butt-welded pipe*, dan *spiral welded pipe*.

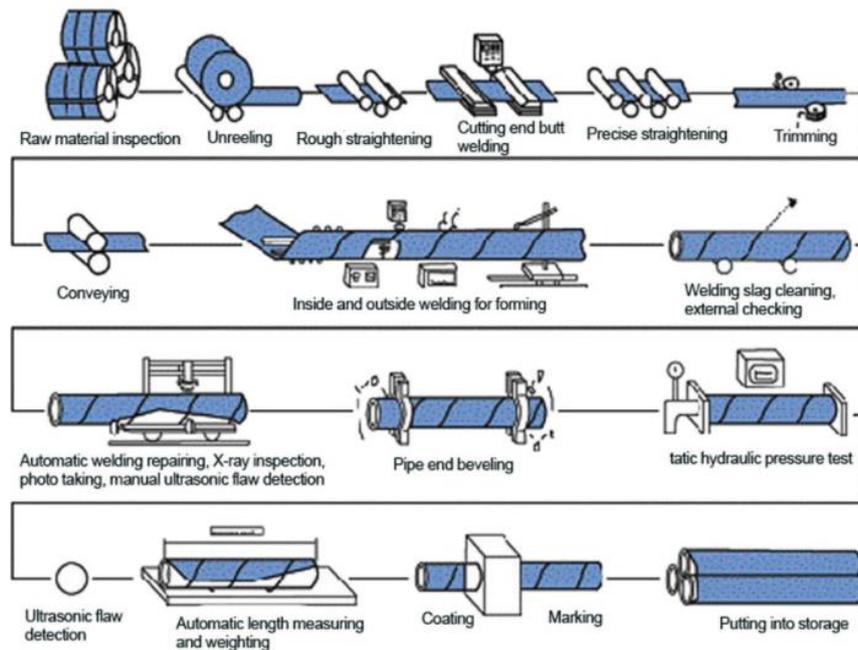
1. Pipa las *spiral* (*spiral welding pipe*)

Pipa las *spiral* dibuat dengan cara memuntir strip logam (pelat panjang dengan lebar sempit dan pita) dan menjadi bentuk *spiral*, kemudian dilas pada ujung-ujung sambungan satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk sebuah sambungan pada pipa yang dapat dilihat pada Gambar 2.13. Pipa jenis ini jarang digunakan pada sistem perpipaan karena jenis pipa ini biasanya digunakan pada tekanan rendah karena tebal pipa yang tipis.



Gambar 2.13 *Spiral welded pipe*
(Sumber: <https://fachrezakbar.com>)

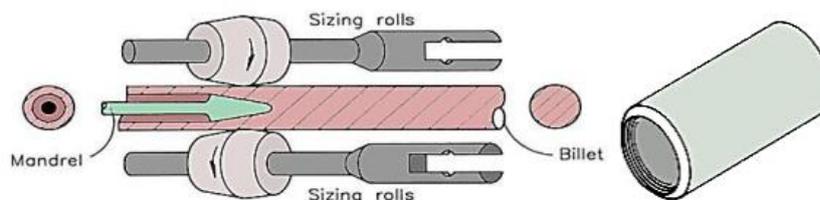
Dalam penggunaannya, pipa ini tidak cocok digunakan pada sistem perpipaan yang bertekanan, karena bentuknya yang tipis dan adanya sambungan pengelasan jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan *straight welded pipe*. Biasanya pipa jenis ini digunakan sebagai pipa *support* yang bertekanan rendah dan sebagai *casing* untuk pondasi. Untuk proses fabrikasi *spiral welded pipe* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Spiral welded process*
(sumber: <https://theprocesspiping.com>)

2. Pipa tanpa sambungan (*seamless pipe*)

Pipa tanpa sambungan ini dibuat dengan cara menusuk batang baja yang mendekati suhu cair dengan cara menggunakan sebuah *mandrel* yang mana pipa ini tidak memiliki sambungan yang terlihat pada Gambar 2.15.



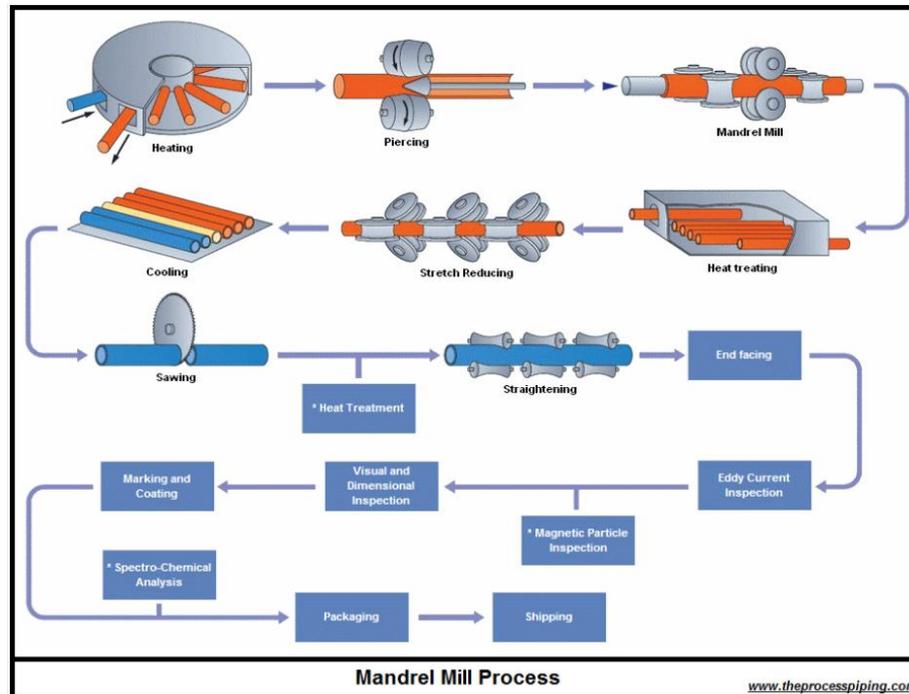
Gambar 2.15 *Seamless pipe*
(Sumber: <https://fachrezakbar.com>)

Proses pembuatan pipa *seamless* sendiri memiliki beberapa metode, di antaranya sebagai berikut:

a) *Mandrel Mill Process (Pilger Mill)*

Billet baja akan melalui proses pemanasan sebelum masuk ke proses pembentukan. Setelah itu *billet* akan melalui proses *piercing* dan didorong ke *mandrel mill*. *Mandrel* dengan panjang sekitar 10 *feet* kemudian ditekan dengan penumbuk *hidrolik* melalui bagian *billet* yang telah melalui proses *piercing*.

Mandrel yang terletak di dalam *billet* kemudian diletakkan di antara *roll* dari *pilger mill* yang dapat terlihat pada Gambar 2.16.

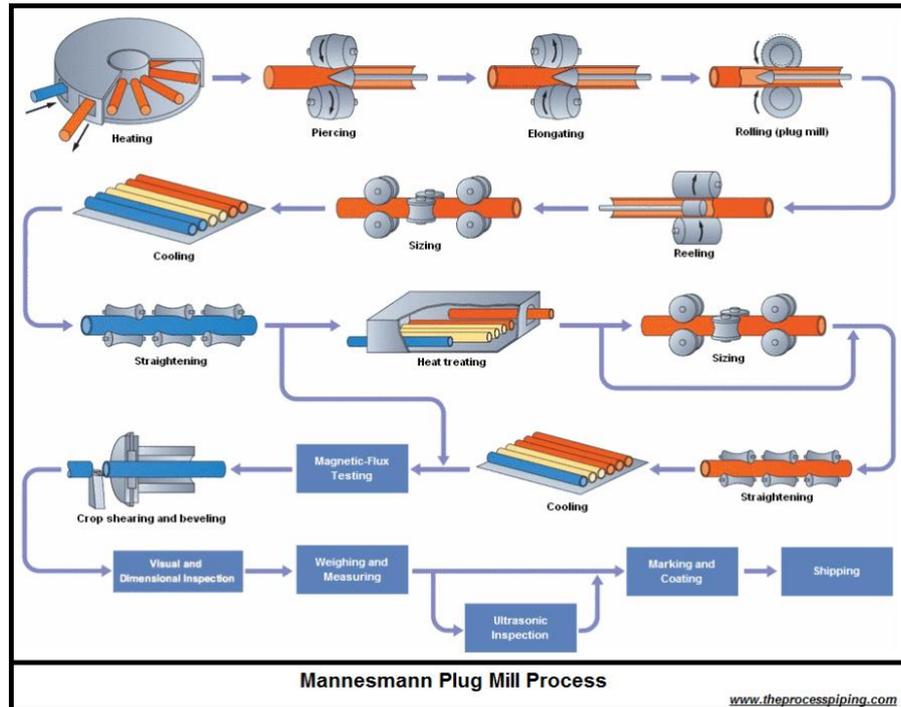


Gambar 2.16 *Mandrel mill process*
(sumber: <https://theprocessiping.com>)

Tekanan-tekanan yang dihasilkan dari perputaran *roll* yang saling berlawanan arah ini akan menghasilkan efek yang akan mereduksi dinding *billet* sehingga diameter dalam pipa bisa terbentuk. Proses ini sering disebut dengan proses *rotary-forge*. Setelahnya, pipa akan kembali dipanaskan, lalu didorong melalui proses bernama *stretch reducing*. Terakhir, pipa akan didinginkan, dipotong sesuai panjang yang ditentukan, dan akan diluruskan pada proses *straightening*. Setelah itu proses *marking* dan *coating* dilakukan.

b) *Mannesmann Plug Mill Process (Hot Rotary Piercing)*

Pipa dibuat dengan cara memanaskan *billet* baja pada temperature 2200-2400 F. setelah dipanaskan, *billet* baja akan didorong menuju *piercing mill* untuk melalui dua *roller* yang berputar. Baja akan terus didorong hingga menembus titik penembus (*mandrel*), sehingga akan tercipta lubang sepanjang *billet* tersebut. Selanjutnya baja akan memasuki tahap *rolling (plug mill)* dimana berfungsi untuk memperbesar bagian dalam, mengurangi ketebalan dinding pipa, dan memperpanjang ukuran pipa yang dapat terlihat pada Gambar 2.17.

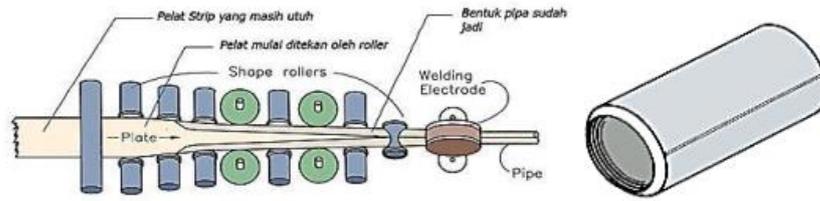


Gambar 2.17 *Mannesmann plug mill process*
 (sumber: <https://theprocesspiping.com>)

Ketika hasil *piercing* selesai dilakukan, *billet* kemudian memasuki tahapan *finishing* agar hasil pengerjaan kasar proses sebelumnya bisa lebih halus. Jadi pipa baja harus dipoles bagian dalam dan luarnya. Selain itu, ditahap ini pipa juga akan disesuaikan ukurannya agar memenuhi standar kelayakan. Tahap ini dikenal dengan nama *reeling* dan *sizing*. Dari proses ini, pipa baja didinginkan setelah diluruskan pada proses *straightening*, jika pipa baja belum mendapatkan bentuk dan diameter yang sempurna, proses pendinginan-pelurusan-pemanasan ini bisa berlangsung hingga dua sampai tiga kali. Tentunya diakhir dengan proses *marking* dan *coating*.

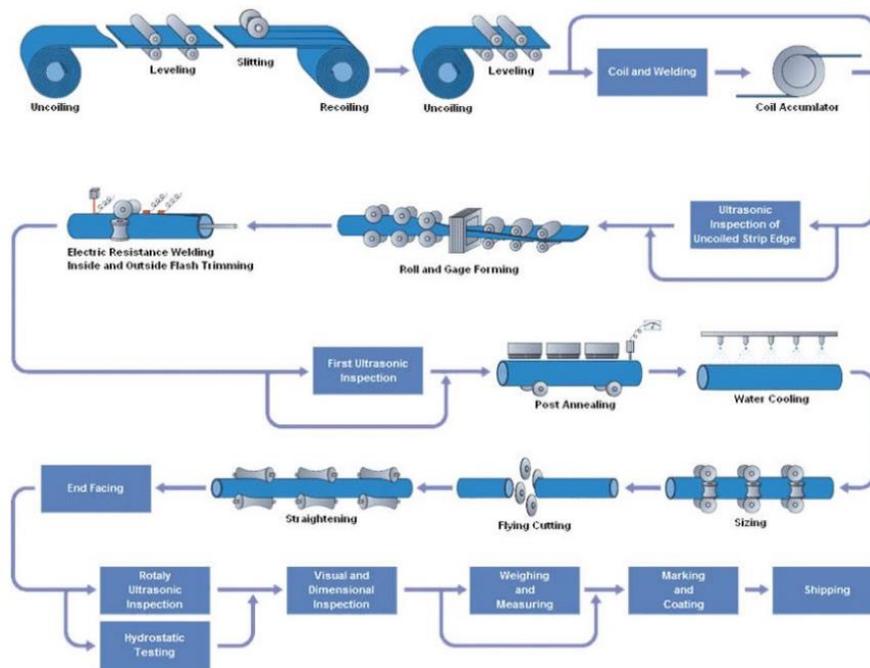
3. Pipa dilas (*butt-welded pipe* atau *straight welded pipe*)

Dibuat dengan cara memasukkan pelat panas melalui pembentuk (*shapers* *shape rollers*) yang akan merolnya menjadi bentuk batangan pipa yang berlubang yang dapat terlihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 *Butt-welded pipe*
 (Sumber: <https://fachrezakbar.com>)

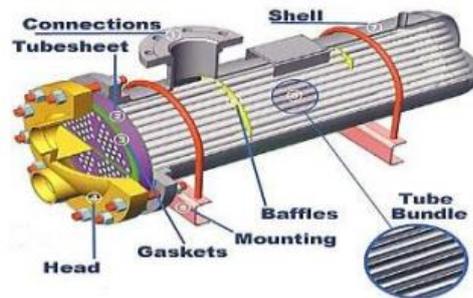
Pipa jenis ini sering juga disebut dengan UOE yang dibuat dari pelat baja dengan bentuk profil strip. Proses pembuatannya dilakukan dengan cara melengkungkan kedua sisi (sumbu pendek) pipa tersebut searah dengan menggunakan *shaper roll* (rol pembentuk) sampai kedua sisi yang dilengkungkan bertemu. Selanjutnya celah pertemuan dari pelat akan dilas sehingga tidak ada celah ke dalam rongga pipa, proses pembentukan dapat dilihat pada Gambar 2.19. Pipa ini memiliki keunggulan karena lebih mudah dikontrol dari segi ketebalan dan kualitas pelatnya



Gambar 2.19 *Straight SAW welded pipe*
 (sumber: <https://alvindocs.com>)

4. *Tube*

Tube adalah sebuah benda silindris yang memiliki lubang pada tengahnya untuk mengalirkan fluida. *Tube* berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan pipa disamping itu *tube* lebih fleksibel dan mudah dibentuk jika dibandingkan dengan pipa. *Tube* sering digunakan pada pipa-pipa alat penukar kalor (*shell and tube heat exchanger*) dan koneksi instrumen seperti pemasangan alat ukur suhu, tekanan, sistem kontrol hidrolis atau pneumatik. Contoh penggunaan *tube* dapat terlihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 *Tube* pada *heat exchanger*
(Sumber: <http://www.idpipe.com>)

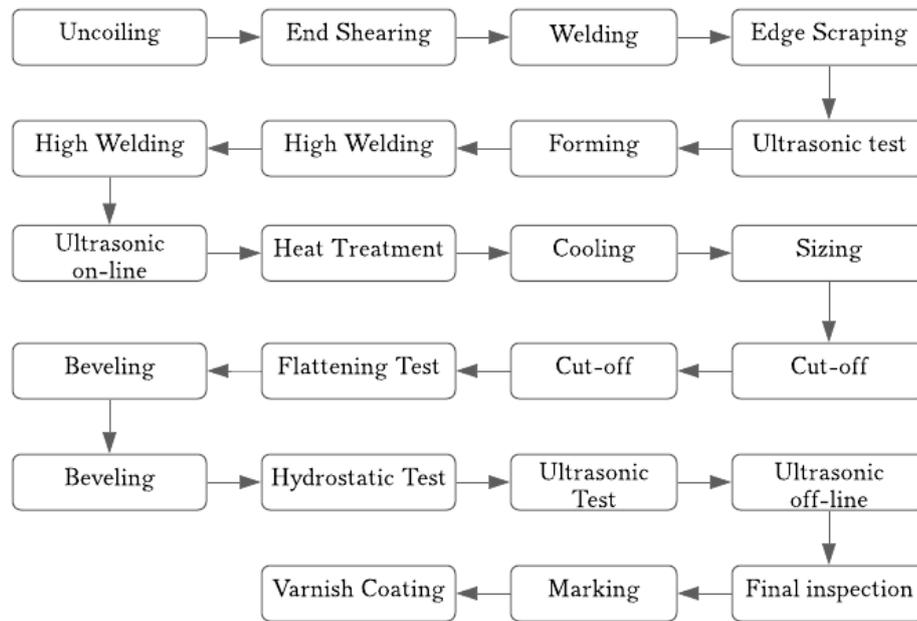
2.10 Produksi Pipa

Produk pipa baja yang dikaji dalam penelitian ini adalah pipa baja yang berstandar API (*American Petroleum Institute*) dengan spesifikasi 5L sebagai produk pipa yang dapat diaplikasikan untuk mendistribusikan fluida yang berbentuk gas. Proses produksi pembuatan pipa baja dimulai dari tahapan proses sebagai berikut:

1. *Uncoiling* : Melepas gulungan *coil* menjadi lembaran.
2. *End Shearing* : Pemotongan ujung *coil* agar rata dan tegak lurus.
3. *Welding* : Pengelasan ujung *coil* dengan ujung yang lain.
4. *Edge Scraping* : Menghaluskan pinggiran pelat.
5. *Ultrasonic test* : Mendeteksi cacat pada material *coil* yang berbentuk pelat.
6. *Forming* : Pembentukan *coil* menjadi suatu bentuk pipa.
7. *High Welding* : Menyatukan kedua ujung pipa yang digerakkan dengan kecepatan konstan.
8. *Bead Removing* : Penyerutan kampuh las pipa bagian luar dan pipa bagian dalam.

9. *Ultrasonic on-line*: Untuk mendeteksi cacat pada hasil pengelasan.
10. *Heat Treatment* : Proses pemanasan hasil pengelasan menggunakan temperatur 800-900⁰ C.
11. *Cooling* : Pendinginan untuk menurunkan temperatur.
12. *Sizing* : Proses membentuk kebulatan pipa sesuai standar.
13. *Cut-off* : Pemotongan pipa dengan panjang tertentu.
14. *Flattening Test* : Untuk memeriksa cacat pada permukaan sudut di ujung pipa.
15. *Beveling* : Pembuatan sudut di ujung pipa.
16. *Hydrostatic Test* : Proses pengujian dengan menggunakan tekanan tertentu.
17. *Ultrasonic Test-pipe ends lamination* : Untuk memeriksa *reject* pada kedua ujung pipa.
18. *Ultrasonic off-line inspection for weld seam* : Untuk memeriksa *reject* hasil serutan kampuh pengelasan.
19. *Final inspection* : Pemeriksaan kebulatan, tebal dan kelurusan.
20. *Marking* : Identifikasi kode produksi.
21. *Varnish Coating* : Proses perlindungan terhadap korosi.

Proses produksi pembuatan pipa baja dapat dilihat pada Gambar 2.21 *flow chart* berikut:



Gambar 2.21 *Flow chart* pembuatan pipa baja
(Sumber: Casban, 2019)

2.11 Metode Nesting

Yunyoung Kim (2003) mengemukakan bahwa peletakan pola pemotongan pelat (*nesting*) secara otomatis berdasarkan metode pendekatan pengaturan *heuristic* sangat cepat, tanpa intervensi manual, dan tanpa memperhatikan area sisa pemotongan bagian dalam pola potongan. Cara evaluasi pola pemotongan pelat secara berulang-ulang sampai mendapatkan hasil optimal dan efisien atau *rule-based heuristic approach*.

Pendekatan *motode heuristic*, digunakan untuk mendapatkan hasil sempurna dari beberapa karakteristik bentuk pola, penempatan pola berkarakteristik sama dan selanjutnya nomor pola berdekatan. Pada akhirnya perencanaan secara keseluruhan tergantung pada konfigurasi perletakan dari pola besar. Jika pola kecil dapat ditempatkan di antara pola besar, tidak akan berpengaruh besar terhadap perencanaan keseluruhan.

Sebelum proses *nesting* pola harus terlebih dahulu dipisah-pisahkan dari bentuk besar hingga bentuk kecil. Pemisahan dilakukan agar dapat ditentukan proses perletakan, dimana pola besar diletakan diawal. Setelah ditempatkan pola besar pada bagian tersisa haruslah pola besar kembali diletakkan pada tempat tersisa. Karena itu, perencanaan akhir dari *layout nesting* tergantung pada konfigurasi atau penempatan dari pola besar, pola kecil tidaklah berpengaruh besar

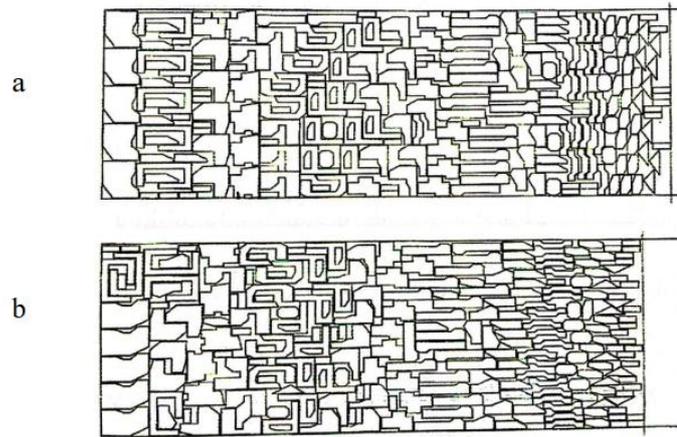
karena pola kecil dapat ditempatkan pada pola besar. Peletakan pola pada proses perencanaan dengan cara menggeser pola yang telah dibuat pada sistem Auto-CAD.

Pada situasi industri yang sebenarnya, toleransi dari pada jarak antara kedua pola harus ada atau diijinkan, dimana akan menjadi bagian dari sumber pelat yang sisa, pada penulisan ini, toleransi dari pada gap atau jarak pemotongan kedua pola, hanya berdasarkan pada data galangan yang dibuat ketika proses pemotongan.

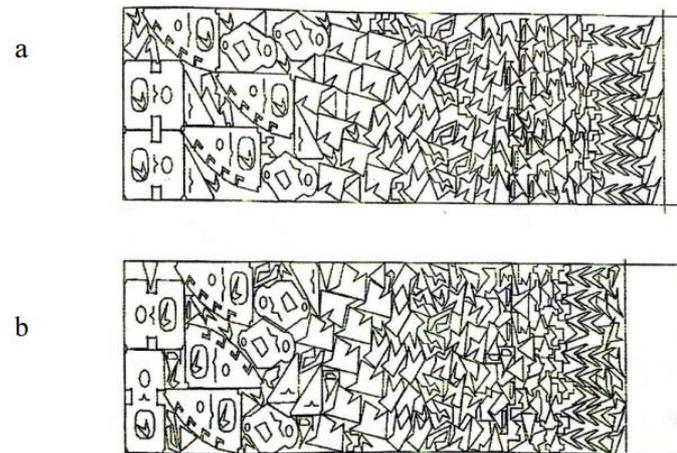
Sistem *heuristic nesting* berdasar pada peraturan pelatakan dua dimensi dengan menggunakan “teknik peletakan pola secara *geometric*” dan “strategi *efisiensi layout*”. Pada Gambar 2.22 adalah diagram kerja/ kesimpulan cara kerja dari pada pengaturan dasar sistem heuristic (rule-based heuristic nesting system) pada Gambar 2.23 adalah gambar dari pengaturan dasar sistem heuristic nesting. Pada Gambar 2.24 adalah gambar dari pengaturan dasar sistem heuristic nesting pada pola tidak beraturan. Pada Gambar 2.25 adalah gambar dari pengaturan peletakan dari pola yang besar hingga yang kecil dari pola tidak beraturan.



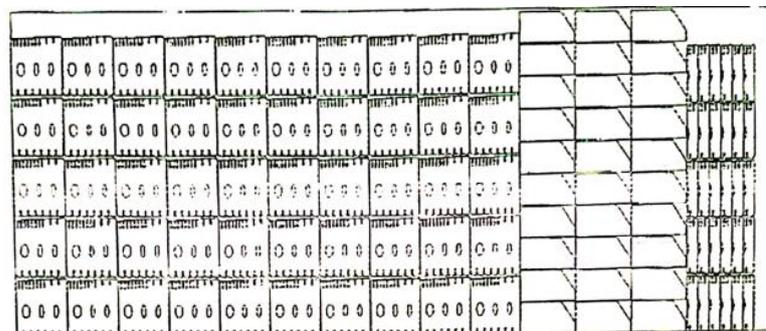
Gambar 2.22 Diagram kerja/ kesimpulan cara kerja dari pada pengaturan dasar sistem *heuristic (rule-based heuristic nesting system)* (Sumber: Younyoung, 2003)



Gambar 2.23 Layout pengaturan dasar *heuristic* pada pola beraturan, a. Tanpa memperhatikan sudut dari pada pola. b. Memperhatikan sudut dari pada pola.
(Sumber: Younyoung, 2003)



Gambar 2.24 Layout pengaturan dasar *heuristic* pada pola tidak beraturan, a. Tanpa memperhatikan sudut dari pada pola. b. Memperhatikan sudut dari pada pola.
(Sumber: Younyoung, 2003)



Gambar 2.25 Layout pengaturan pola besar hingga pola kecil dari pola tidak beraturan.
(Sumber: Younyoung, 2003)

Table 2.2 Hasil dari *nesting* berdasarkan metode *heuristik*

Hasil dari <i>nesting</i> berdasarkan metode <i>heuristik</i>			
Bentuk benda	Banyak bentuk	Sudut perputaran bentuk	Utilasi rasio
Beraturan	220	Tidak diperhatikan	12,997 %
		Diperhatikan	17,45 %
Tidak beraturan	156	Tidak diperhatikan	7,552 %
		Diperhatikan	14,31 %
Beraturan dan tidak beraturan	110	0°	2,8 %

(Sumber: Younyoung, 2003)

Nesting Gambar 2.23, dimana rasio utilitas atau penempatan mencapai 12,977 % dan 17,45 %. Gambar 2.24, dimana rasio utilitas atau penempatan mencapai 7.552 % dan 14,31 %. Gambar 2.25, dimana rasio utilitas atau penempatan mencapai 2,8 %. Dimana Gambar 2.23, Gambar 2.24, dan Gambar 2.25 adalah sebagai contoh, dimana semakin kecil semakin efisien hasilnya.

Tujuan dari nesting adalah meminimalkan daerah sisa pada pola dua dimensi. Jika keseluruhan dari daerah pola adalah konstan, maka fungsi objektifitas tidak perlu dihitung, karena sisa yang terdapat pada ujung daerah yang telah dikerjakan pada pelat itu sendiri. Fungsi dari objektifitas panjang daerah yang data dikerjakan dibuat setelah kolom daerah yang telah dikerjakan, dimana peletakannya berada di sebelah kanan lembaran pelat dapat dilihat pada Gambar 2.25.

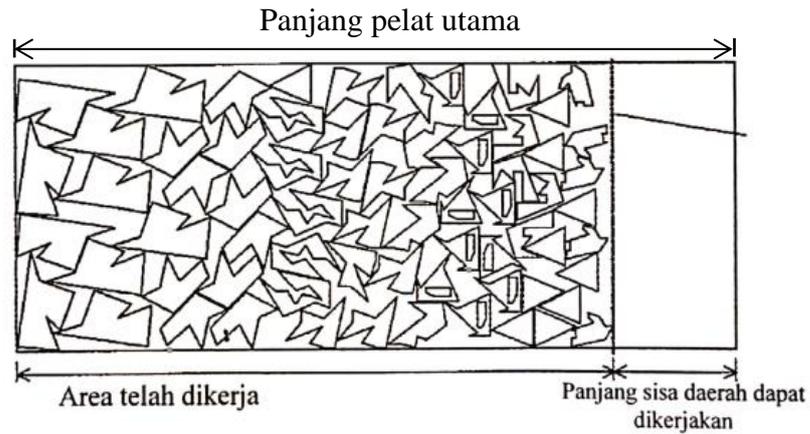
Adapun cara untuk mengevaluasi pemanfaatan pelat terpakai, dihitung dengan menggunakan rumus sebagaimana pada persamaan 2.1:

$$\eta = (W_L / P_L) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana: η = Parameter efisiensi

W_L = Panjang sisa daerah dapat dikerjakan

P_L = Panjang pelat utama



Gambar 2.26 Gambar kerja pada satu lembaran pelat
(Sumber: Younyoung, 2003)

2.12 Perhitungan Biaya Pelat

Perhitungan biaya dalam perancangan jaringan pipa ini menggunakan harga material per ton dari situs penjualan online yang disesuaikan dengan material yang digunakan. Harga material yang dapat dilihat pada Gambar 2.27 disesuaikan dengan spesifikasi sebagai berikut:



Rp9.257.950,00 – Rp 18.231.040,00

Gambar 2.27 Harga pelat per ton
(sumber: [https:// alibaba.com](https://alibaba.com))