

SKRIPSI



**ANALISIS KAPASITAS ANGKUT DAN KEKUATAN BAHAN
BELT CONVEYOR 2BC 3B MILIK PT. FREEPORT
INDONESIA MENGGUNAKAN METODE *TENSILE* DAN
*BENDING***

JAMES ARTHUR RAPA'

D211 16 011

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

SKRIPSI

**ANALISIS KAPASITAS ANGKUT DAN KEKUATAN BAHAN
BELT CONVEYOR 2BC 3B MILIK PT. FREEPORT
INDONESIA MENGGUNAKAN METODE *TENSILE* DAN
*BENDING***

JAMES ARTHUR RAPA'

D211 16 011

**Merupakan Salah Satu Syarat untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL:

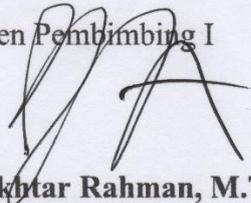
**ANALISIS KAPASITAS ANGKUT DAN KEKUATAN BAHAN
BELT CONVEYOR 2BC 3B MILIK PT. FREEPORT
INDONESIA MENGGUNAKAN METODE *TENSILE* DAN
*BENDING***

JAMES ARTHUR RAPA'

D211 16 011

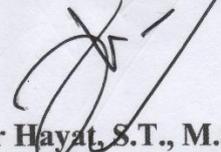
Telah diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I



**Ir. Mukhtar Rahman, M.T.
NIP. 19571013 198703 1 001**

Dosen Pembimbing II



**Azwar Hayat, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19840126 201212 1 002**

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.
NIP. 19720825 200003 1 001**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : JAMES ARTHUR RAPA'

NIM : D211 16 011

Judul Skripsi : “Analisis Kapasitas Angkut Dan Kekuatan Bahan *Belt Conveyor* 2BC 3B Milik PT. Freeport Indonesia Menggunakan Metode *Tensile* dan *Bending*”

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan karya-karya ilmiah yang telah dipublikasikan sebelumnya, atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai karya ilmiah yang pernah diajukan untuk gelar, atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Makassar, 25 November 2020

Yang membuat pernyataan,



James Arthur Rapa'

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah, kasih dan penyertaanNya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Akhir penyusunan skripsi “*Analisis Kapasitas Angkut dan Kekuatan Bahan Belt Conveyor 2BC 3B Milik PT. Freeport Indonesia Menggunakan Metode Tensile dan Bending*” sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua dan saudara-saudari saya yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan kasihnya serta doa restunya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tak lupa pula saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada,

1. Bapak Ir. Mukhtar Rahman, M.T. selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Azwar Hayat, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Segenap karyawan BLKI Makassar, Pak Odi, Pak Haeruddin, Pak Baso' dan semua staff yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu atas bantuan menerima saya untuk melakukan penelitian di BLKI Makassar.
6. Bapak ibu dosen serta staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada Keluarga Besar KMKO TEKNIK-UH, HMM FT-UH, dan TEKNIK 2016 yang selalu memberi contoh kehidupan mahasiswa yang penuh motivasi dan inspirasi serta semangat membara untuk selalu maju menata masa depan.

8. Kepada saudara-saudari seperjuangan COMPREZZOR 2016 yang selalu ada dalam suka maupun duka menemani kehidupan saya sebagai mahasiswa dari semester 1 hingga semester 9 penulisan skripsi ini. Semoga masing-masing dari kita dipermudah Tuhan dalam urusan masing-masing.
9. Kepada seluruh saudara-saudari dalam komunitas Anak Muda Jalan Serang maupun komunitas yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terima kasih telah membumbui kehidupan saya sebagai mahasiswa.

Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam ilmu material dan kosntruksi. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya apabila berlanjut.

Makassar, 25 November 2020

James Arthur Rapa'

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi <i>Conveyor</i>	6
2.2 <i>Belt Conveyor</i>	6
2.2.2 Fungsi.....	7
2.2.3 Prinsip Kerja.....	7
2.2.4 Karakteristik.....	7
2.2.5 Kelebihan	8
2.2.6 Kekurangan	8
2.3 Konstruksi <i>Belt Conveyor</i>	8
2.3.1 Geometri <i>Belt Conveyor</i>	10
2.3.2 <i>Belt</i>	11
2.3.2.1 Permasalahan pada Sabuk <i>Belt Conveyor</i>	13

2.3.2.2 Kekuatan Tarik <i>Belt</i>	15
2.3.2.3 Transmisi Gaya Periferal pada <i>Drive Pulley</i>	15
2.4 Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap <i>Belt Conveyor</i>	17
2.4.1 Hubungan Ukuran Bongkahan Maksimum dengan Lebar <i>Belt</i>	17
2.4.2 Hubungan Kecepatan Maksimum <i>Belt</i> dengan Lebar <i>Belt</i>	18
2.4.3 Hubungan antara Lebar <i>Belt</i> dan Densitas Material	18
2.4.4 Pengaruh Sudut Inklinasi terhadap Jumlah Kapasitas yang Diangkut.....	19
2.4.5 Pengaruh <i>Idler</i> terhadap Luas Penampang Material dan Kapasitas Angkut Material	20
2.5 Karakteristik Bahan <i>Belt 2BC 3B</i> Bermaterial <i>Rubber</i> Tekstil Berpenguat Serat Poliamid Nilon 4 <i>Plies</i> Terhadap Pengujian Tarik dan <i>Bending</i>	22
2.5.1 Polimer Komposit <i>Belt</i>	22
2.5.2 Pengujian Tarik (<i>Tensile</i>).....	23
2.5.2.1 Arah Penarikan pada <i>Belt 2BC 3B</i>	28
2.5.3 Pengujian <i>Bending</i>	29
2.5.3.1 Arah Lendutan/Defleksi pada <i>Belt 2BC 3B</i>	33
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Waktu dan Tempat	35
3.2 Metode Pengambilan Sampel dan Data Uji	35
3.3 Alat dan Bahan.....	35
3.4 Data Spesifikasi <i>Belt Conveyor 2BC 3B</i>	36
3.5 Prosedur Penelitian.....	37
3.5.1 Perhitungan Kapasitas Angkut.....	37
3.5.2 Persiapan Spesimen Uji.....	37
3.5.3 Proses Pengujian Spesimen.....	39
3.5.3.1 Prosedur Pengujian Tarik dengan Standar ASTM D412 – 06.....	40
3.5.3.2 Prosedur Pengujian <i>Bending</i> dengan Standar ASTM D7264 – 07	41
3.5.4 Bentuk Spesimen.....	42
3.6 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian.....	43

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Perbandingan Fisik secara Visual <i>Belt</i> 2BC 3B antara Sampel <i>Belt</i> Baru dan Lama.....	43
4.1.1 Karakteristik Mikro Permukaan Material <i>Belt</i> 2BC 3B.....	44
4.2 Data Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> 2BC 3B.....	45
4.2.1 Nilai Hasil Perhitungan Teoritis.....	46
4.2.2 Rata-Rata Kapasitas Angkut Aktual <i>Belt Conveyor</i> 2BC 3B di <i>NS Mill</i> (30 Juli 2020)	47
4.2.3 Perbandingan Kapasitas Angkut Aktual Rata-Rata dengan Kapasitas Angkut Teoritis	49
4.3 Hasil Pengujian Tarik.....	50
4.3.1 Contoh Perhitungan Pengujian Tarik.....	50
4.3.2 Analisis Beban Tarik, Kekuatan Tarik, Regangan dan Modulus Elastisitas.....	51
4.4 Hasil Pengujian <i>Bending</i>	56
4.4.1 Contoh Perhitungan Pengujian <i>Bending</i>	56
4.4.2 Analisis Beban <i>Bending</i> , Kekuatan <i>Bending</i> dan Modulus Elastisitas	57
BAB V. PENUTUP.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Penyusun Konstruksi <i>Belt Conveyor</i>	8
Gambar 2.2 Geometri <i>Belt Conveyor</i>	10
Gambar 2.3 Bentuk Penampang <i>Belt</i>	12
Gambar 2.4 Komponen <i>Belt Conveyor</i> Bahan <i>Rubber</i> Tekstil Berpenguat Serat Poliamid Nilon Pabrik.....	12
Gambar 2.5 Diagram Benda Bebas Gaya Tarik yang Diberikan terhadap <i>Belt</i>	16
Gambar 2.6 <i>Loading Conveyor</i> dengan Sudut Inklinasi	19
Gambar 2.7 <i>Belt Conveyor</i> dengan 3 <i>Roller Idler</i>	20
Gambar 2.8 Struktur Polimer Komposit pada Bagian <i>Bottom Cover Belt Conveyor</i>	23
Gambar 2.9 <i>Universal Testing Machine</i> Dilengkapi dengan Spesimen Ukuran Standar	25
Gambar 2.10 Arah penarikan pada <i>Belt 2BC 3B</i>	29
Gambar 2.11 Konfigurasi Pembebanan Spesimen pada <i>Three Point Bending</i>	30
Gambar 2.12 Arah defleksi atau lendutan pada <i>Belt 2BC 3B</i>	34
Gambar 3.1 Arah Pemotongan Spesimen Tarik dan Spesimen <i>Bending</i>	38
Gambar 3.2 Dimensi Spesimen Uji Tarik dengan Standar ASTM D412-06.....	41
Gambar 3.3 Dimensi Spesimen Uji <i>Bending</i> dengan Standar ASTM D7264-07 ..	41
Gambar 4.1 Perbandingan fisik <i>Belt 2BC 3B</i> secara visual, (a) <i>top cover</i> , (b) <i>bottom cover</i> , (c) tebal <i>belt</i>	43
Gambar 4.2 Hasil uji mikro permukaan material <i>Belt 2BC 3B</i> , (a) <i>top cover</i> , (b) <i>bottom cover</i> , (c) <i>plies</i>	44
Diagram 4.1 Kapasitas Angkut Aktual Berbanding Waktu Operasi <i>Belt Conveyor 2BC 3B</i>	48
Diagram 4.2 Kapasitas Angkut Teoritis Berbanding Kapasitas Angkut Aktual Rata-Rata <i>Belt Conveyor 2BC 3B</i>	49
Grafik 4.1 Perbandingan Beban Tarik Maksimum antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	51
Grafik 4.2 Perbandingan Kekuatan Tarik antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	53

Grafik 4.3 Perbandingan Regangan Tarik antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	54
Gambar 4.1 Diagram Pembebanan pada Pengujian <i>Three Point Bending</i>	55
Grafik 4.4 Perbandingan Modulus Elastisitas Tarik antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	56
Grafik 4.5 Perbandingan Beban <i>Bending</i> Maksimum antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	57
Grafik 4.6 Perbandingan Kekuatan <i>Bending</i> antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	59
Grafik 4.7 Perbandingan Modulus Elastisitas <i>Bending</i> antara Sampel Baru dan Sampel Lama.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sudut Kemiringan Maksimum yang Diizinkan pada Geometri <i>Belt Conveyor</i> untuk Beberapa Jenis Material	11
Tabel 2. Ukuran Bongkahan Maksimum Berdasarkan Lebar <i>Belt</i>	17
Tabel 3. Kecepatan Maksimum <i>Belt</i> yang Direkomendasikan	18
Tabel 4. Hubungan antara Lebar <i>Belt</i> dengan Densitas Material.....	19
Tabel 5. Hubungan Sudut Inklinasi dan Faktor Inklinasi	20
Tabel 6. Luas Penampang Maksimum pada <i>Belt Conveyor</i> dengan 3 <i>Idler</i> Ukuran Sama.....	21
Tabel 7. Data Parameter Perhitungan Kapasitas Angkut <i>Belt Conveyor</i> 2BC 3B.45	
Tabel 8. Rata-Rata Kapasitas Angkut Aktual <i>Belt Conveyor</i> 2BC 3B di <i>NS Mill</i> .47	
Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai Kekuatan Tarik, Regangan Tarik dan Modulus Elastisitas	51
Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai Kekuatan <i>Bending</i> dan Modulus Elastisitas	57

ABSTRACT

JAMES ARTHUR RAPA’., *Analysis of Transport Capacity And Material Strength of Belt Conveyor 2BC 3B Owned by PT. Freeport Indonesia Using Tensile And Bending Methods (supervised by Ir. Mukhtar Rahman, M.T. and Azwar Hayat, S.T., M.Sc., Ph.D.)*

The aim of this research is to calculate the transport capacity of Conveyor Belt 2BC 3B Belt which is based on the influence of the parameters of the Conveyor speed, Belt width and Idler angle, also to analyze the comparison of the strength of the material between the new Belt material and the old Belt using the tensile testing method and to analyze the comparison of the strength of the material between the new Belt material with the old Belt uses the bending testing method.

The results of the research in the first point show the comparison between the actual average conveyor transport capacity produced by Conveyor Belt 2BC 3B of 2,254 Tons/hour compared to the total theoretical transport capacity of 2,408 Tons/hour based on the equation formula used. The second point shows the results of the tensile test on the belt of the bottom cover belt reinforced with polyamide nylon fiber 4 plies to compare the strength of the material between the new and old Belt samples, where the parameters of the value of tensile strength and modulus of elasticity are the highest on the new sample, on the contrary the parameters the tensile strain value of the old sample is slightly higher. The third point shows the results of the bending test on the Belt of the bottom cover belt reinforced with polyamide nylon fiber 4 plies to compare the strength of the material between the new and old Belt samples, where the parameters of the value of bending strength and the highest modulus of elasticity are found in the new sample. However the number of plies as reinforcing fibers on the Belt can affect the properties and mechanical strength of the Conveyor Belt.

Key word : Conveyor Belt 2BC 3B, Polyamide Nylon Fiber, Transport Capacity, Tensile Test, Bending Test.

ABSTRAK

JAMES ARTHUR RAPA’., *Analisis Kapasitas Angkut Dan Kekuatan Bahan Belt Conveyor 2BC 3B Milik PT. Freeport Indonesia Menggunakan Metode Tensile Dan Bending* (dibimbing oleh Ir. Mukhtar Rahman, M.T. dan Azwar Hayat, S.T., M.Sc., Ph.D.)

Penelitian ini bertujuan di antaranya yaitu menghitung kapasitas angkut *Belt Conveyor 2BC 3B* yang didasarkan pada pengaruh parameter kecepatan *Conveyor*, lebar *Belt* dan sudut *Idler*, juga menganalisis perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan *Belt* yang lama menggunakan metode pengujian tarik serta menganalisis perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan *Belt* yang lama menggunakan metode pengujian *bending*.

Hasil penelitian pada poin pertama menunjukkan perbandingan antara jumlah kapasitas angkut aktual rata-rata yang dihasilkan *Belt Conveyor 2BC 3B* sebesar 2.254 Ton/jam berbanding dengan jumlah kapasitas angkut teoritisnya sebesar 2.408 Ton/jam berdasarkan rumus persamaan yang dipakai. Pada poin kedua menunjukkan hasil pengujian tarik pada sabuk *Belt* bagian *bottom cover* berpenguat serat poliamid nilon 4 *plies* untuk membandingkan kekuatan bahan antara sampel *Belt* yang baru dan lama, di mana pada parameter nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas paling tinggi berada pada sampel baru, sebaliknya parameter nilai regangan tarik sampel lama agak sedikit lebih tinggi. Pada poin ketiga menunjukkan hasil pengujian *bending* pada sabuk *Belt* bagian *bottom cover* berpenguat serat poliamid nilon 4 *plies* untuk membandingkan kekuatan bahan antara sampel *Belt* yang baru dan lama, di mana pada parameter nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitas paling tinggi terdapat pada sampel baru. Adapun jumlah *plies* sebagai serat penguat pada *Belt* dapat mempengaruhi sifat dan kekuatan mekanik pada *Belt Conveyor*.

Kata kunci : *Belt Conveyor 2BC 3B*, Serat Poliamid Nilon, Kapasitas Angkut, Uji Tarik, Uji *Bending*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode pelaksanaan bahan galian dari tambang akan bergantung pada letak lokasi tambang, karakteristik fisik material, medan yang akan dilalui dan jarak yang harus ditempuh dalam pengangkutan tersebut, umumnya akses pengangkutan material tambang menggunakan Kereta Api, Alat Berat, *Haul Truck*, *Conveyor* dan Tongkang. Pada beberapa kasus, material tersebut diangkut melalui pipa dalam bentuk *Slurry*.

Proses pengangkutan material yang telah ditambang merupakan tahapan yang penting dalam kegiatan penambangan mineral alam. Secara khusus pengangkutan menggunakan *Belt Conveyor* haruslah dilakukan secara efisien, hal ini berkaitan dengan nilai kapasitas angkut aktual yang mampu dipindahkan *Belt Conveyor* berbanding lurus dengan spesifikasi dari beberapa parameter. Penyesuaian parameter-parameter ini dapat diaplikasikan guna mendapatkan kapasitas angkut yang sesuai dengan nilai target pemindahan material per satuan waktu yang telah ditetapkan.

PT. Freeport Indonesia yang bergerak di industri pertambangan mineral alam seperti tembaga, emas dan perak menggunakan *Conveyor* tipe *Belt* sebagai media angkut material tipe *Ore* dari *Stock Pile* menuju pemisahan mineral berharga (*Flotation*) kemudian diteruskan menggunakan pipa ke pengapalan dalam bentuk konsentrat untuk selanjutnya diolah menjadi mineral mentah berupa tembaga, emas dan perak pada *Smelter Plant* (Pabrik Pelebur). Namun pengangkutan material tambang dari *Grasberg* dan *Underground* sering ditemukan beberapa kasus di mana sabuk *Belt Conveyor* pada saat beroperasi memindahkan material tiba-tiba robek, kendur, karet permukaan sabuk yang meleleh bahkan sampai putus meskipun belum mendekati prediksi *lifetime* pabrikannya. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti laju alir material yang tidak normal terhadap kecepatan *Conveyor*, temperatur tinggi yang

menyebabkan permukaan sabuk meleleh akibat gesekan dari material dan *Idler* atau kekuatan bahan yang mempengaruhi tegangan tarik dan tegangan robek, lendutan, impak dan beban kejut secara tiba-tiba pada *Belt*. Kinerja *Belt Conveyor* berhubungan erat dengan kapasitas pemindahan yang dapat dilakukannya disesuaikan dengan spesifikasinya. Agar dapat mengoptimalkan kapasitas alat angkut *Ore*, yang dalam hal ini menggunakan alat angkut *Belt Conveyor*, maka perlu dilakukan dengan menghitung kinerja *Belt Conveyor* berdasarkan kapasitas angkut aktual per satuan waktu yang telah ditetapkan serta menganalisis kekuatan bahan dari *Belt* itu sendiri dengan menggunakan metode pengujian tarik dan *bending*. Parameter-parameter yang digunakan untuk menghitung kapasitas angkut *Belt Conveyor* yang diinginkan antara lain kecepatan *Conveyor*, lebar *Belt* dan sudut *Idler*. Hasil dari analisis kekuatan bahan *Belt* dan kinerja *Belt Conveyor* ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk perusahaan dalam upaya mengoptimalkan kapasitas angkut dan kekuatan bahan dari *Belt Conveyor* agar dapat beroperasi dengan lancar dalam memenuhi target produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana kapasitas angkut *Belt Conveyor* 2BC 3B yang didasarkan pada pengaruh parameter kecepatan *Conveyor*, lebar *Belt* dan sudut *Idler*?
2. Bagaimana perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan yang lama menggunakan metode pengujian tarik?
3. Bagaimana perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan yang lama menggunakan metode pengujian *bending*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tujuan yaitu sebagai berikut,

1. Menghitung kapasitas angkut *Belt Conveyor* 2BC 3B yang didasarkan pada pengaruh parameter kecepatan *Conveyor*, lebar *Belt* dan sudut *Idler*.
2. Menganalisis perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan yang lama menggunakan metode pengujian tarik.
3. Menganalisis perbandingan kekuatan bahan antara material *Belt* yang baru dengan yang lama menggunakan metode pengujian *bending*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data-data spesifikasi *Belt Conveyor* 2BC 3B milik perusahaan PT. Freeport Indonesia.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung kapasitas angkut *Belt Conveyor* 2BC 3B berdasarkan data-data spesifikasinya milik PT. Freeport Indonesia, serta menguji kekuatan bahannya menggunakan mesin *Universal Testing Machine* yang ada di Laboratorium Uji Bahan – Workshop Las BLKI Makassar.
3. Penelitian ini menggunakan sampel *Belt 2BC 3B* sebagai bahan uji utama untuk menganalisis perbandingan kekuatan bahan material *Belt* yang baru dengan yang lama menggunakan metode pengujian tarik dan pengujian *bending*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut,

1. Sebagai sumbangan pemikiran bagi perusahaan dalam upaya optimalisasi kapasitas angkut *Belt Conveyor*.
2. Sebagai referensi untuk mahasiswa dalam menambah ilmu wawasan dan pengetahuannya di bidang material dan konstruksi mengenai *Belt Conveyor* di PT. Freeport Indonesia.
3. Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat menjadi referensi mahasiswa dalam penelitian selanjutnya dan juga dapat dijadikan pertimbangan sebagai bahan ajar pada Laboratorium Metalurgi Fisik.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang yang memberikan gambaran mengenai *Belt Conveyor* (Konveyor Sabuk) sebagai teknologi pengangkut material yang berfungsi untuk memindahkan muatan dari tempat satu ke tempat lainnya, serta rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang kajian pustaka atau teori-teori penunjang yang mendukung penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang proses penelitian secara lengkap.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil eksperimen yang dilakukan.

BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi *Conveyor*

Conveyor atau mesin konveyor merupakan mesin sederhana yang dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya sebagai alat pengangkut muatan atau pemindah material tertentu untuk kapasitas terkecil sampai yang terbesar. *Conveyor* pada umumnya dijadikan sebagai alat transportasi yang cepat dan efisien. *Conveyor* terdiri dari beberapa macam jenis seperti *Roller Conveyor*, *Belt Conveyor*, *Chain Conveyor*, *Pneumatic Conveyor*, *Screw Conveyor* dan lainnya.

Dalam sebuah industri, kadangkala terdapat bahan-bahan yang berat dan juga berbahaya bahkan tidak bisa jika dibawa atau diangkat oleh manusia, sehingga diperlukan alat bantu angkut untuk mengatasi keterbatasan manusia tersebut dalam hal tenaga untuk menjaga keselamatan dan kesehatan kerja para pekerja di industri.

Untuk itu, mesin konveyor banyak dipilih sebagai alat angkut material-material industri padat yang efektif dan efisien. (Alfian, 2011)

2.2 *Belt Conveyor*

2.2.1 Definisi

Belt Conveyor atau Konveyor Sabuk merupakan media pengangkutan yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan curah dengan arah *horizontal* atau membentuk sudut inklinasi dari suatu sistem operasi yang satu ke sistem operasi yang lain dalam suatu jalur proses produksi yang menggunakan Sabuk (*Belt*) sebagai media penghantar muatannya. (Zainuri, 2006)

2.2.2 Fungsi

Belt Conveyor berfungsi untuk mengangkut muatan atau material dari satu tempat ke tempat lainnya. Adapun beberapa tipe pengangkutannya antara lain yaitu,

1. Pengangkutan dengan arah *horizontal*
2. Pengangkutan dengan arah *diagonal* atau miring
3. Pengangkutan dengan arah *diagonal* dan *horizontal*. (Alfian, 2011)

2.2.3 Prinsip Kerja

Adapun prinsip kerja *Belt Conveyor* yaitu memindahkan material dengan putaran dari motornya, penggerak utama motor terhubung dengan *pulley*. *Pulley* tersebut diselubungi oleh sabuk yang lebar dan panjangnya menyesuaikan dengan kapasitas dan jarak angkut. (Zainuri, 2006)

2.2.4 Karakteristik

Beberapa karakteristik *Belt Conveyor* di antaranya sebagai berikut,

1. Berkapasitas tinggi
2. Kapasitasnya dapat diatur
3. Mampu beroperasi mendatar atau miring dengan sudut kemiringan minimal 18°
4. Sabuk ditahan dan ditumpu oleh *Idler* atau *Roller Conveyor*
5. Bersifat kontinu
6. Kecepatan rata-rata kurang lebih 2 m/s
7. Bisa dioperasikan naik turun
8. Perawatan *Belt Conveyor* tergolong sederhana. (Zainuri 2006)

2.2.5 Kelebihan

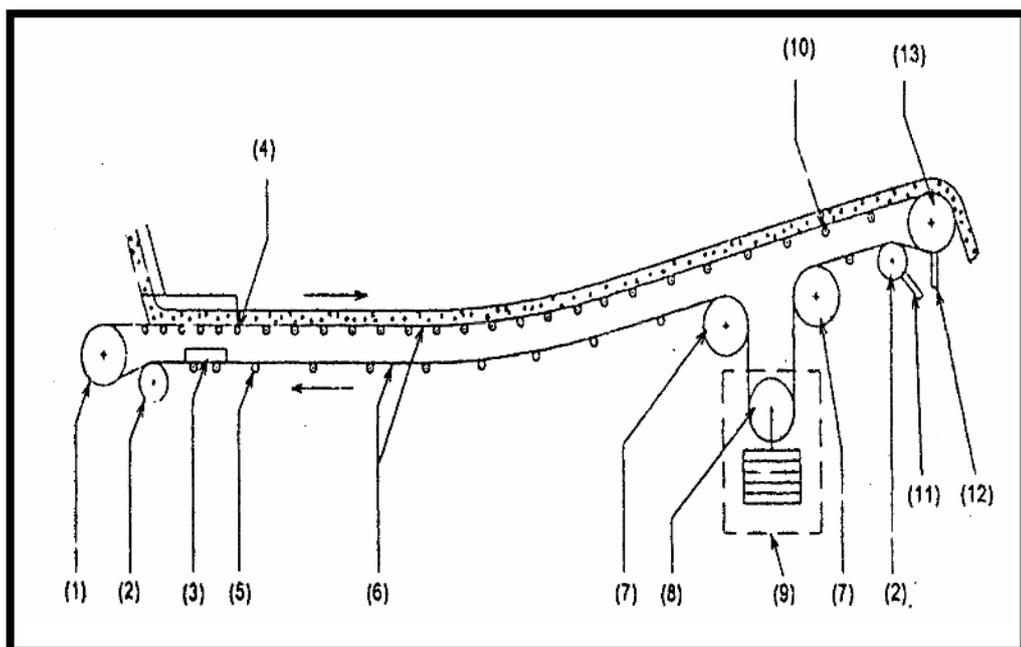
Kelebihan dari transportasi dengan menggunakan *Belt Conveyor* yaitu bekerja secara optimal, bekerja secara otomatis, mudah dalam memulai operasi dan tetap beroperasi secara terus menerus. *Belt Conveyor* hampir tidak mempunyai waktu jeda untuk berhenti ketika beroperasi, tidak juga terkendala cuaca yang buruk serta *Belt Conveyor* juga hanya membutuhkan tenaga manusia yang lebih sedikit dibandingkan dengan alat pengangkutan lainnya. (Hartman, 1992)

2.2.6 Kekurangan

Adapun kekurangan atau kelemahan dari *Belt Conveyor* yaitu jaraknya relatif pendek, sudut inklinasi terbatas, perawatan sangat mahal serta biaya yang relatif mahal. (Hartman, 1992)

2.3 Konstruksi *Belt Conveyor*

Adapun konstruksi *Belt Conveyor* dan rinciannya ditampilkan sebagai berikut di bawah ini,



Gambar 2.1 Komponen penyusun konstruksi *belt conveyor* (Swinderman, 2004)

Menurut standar dari *Conveyor Equipment Manufactures Association* (CEMA), konstruksi dasar *Conveyor* secara umum terdiri dari,

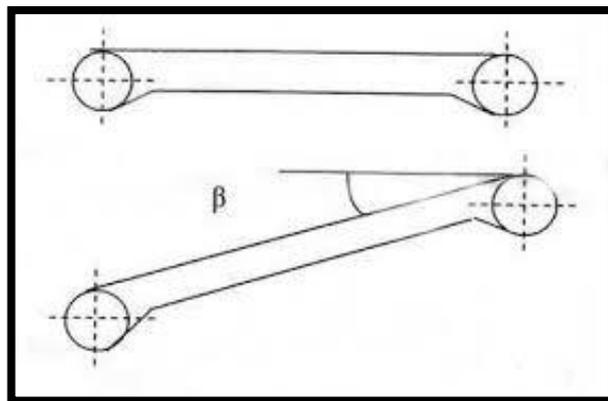
1. *Tail Pulley* (dalam kondisi tertentu *Drive Pulley* dengan *Drive Unit* yang dipasangkan padanya). *Tail Pulley* berfungsi untuk mengikuti arah gerakan *Belt*.
2. *Snub Pulley* (pada *Head-End* dan *Tail-End*). *Snub Pulley* berfungsi untuk memperbesar sudut lilitan *Belt* pada *Drive*.
3. *Internal Belt Cleaner (Internal Belt Scraper)*. *Internal Belt Cleaner* berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada bagian *Tail Pulley*.
4. *Impact Idlers (Impact Roller)*. *Impact Idlers* berfungsi untuk menyangga *Belt* dengan muatan kosong serta terletak pada bagian bawah *Carrying Idler*.
5. *Return Idler (Return Roller)*. *Return Idler* berfungsi untuk menyangga *Belt* dengan muatan kosong serta terletak pada bagian bawah *Carrying Idler*.
6. *Belt*. *Belt* berfungsi untuk menerima transfer energi gerak dari *Pulley* yang berputar, *Belt* akan mengangkut material dari ujung suatu konstruksi *Belt Conveyor* ke ujung lainnya.
7. *Bend Pulley*. *Bend Pulley* berfungsi untuk melengkungkan atau mengubah arah *Belt*.
8. *Take-Up Pulley*. *Take-Up Pulley* berfungsi untuk dapat bergerak otomatis mengimbangi operasional *Belt Conveyor*.
9. *Take-Up Unit*. *Take-Up Unit* berfungsi untuk mempertahankan ketegangan *Belt* yang mengimbangi peregangan *Belt* pada saat operasional pengangkutan sedang dilakukan.
10. *Carrying Idler*. *Carrying Idler* berfungsi untuk menyangga *Belt* yang membawa muatan material.
11. *Pulley Cleaner*. *Pulley Cleaner* berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada *Pulley* akibat bergesek dengan *Belt*.

12. *External Belt Cleaner (External Belt Scraper)*. *External Belt Cleaner* berfungsi untuk membersihkan sisa material yang menempel pada bagian *Head Pulley*.

13. *Head Pulley* (biasanya sebagai *Discharge Pulley* dan juga *Drive Pulley*). *Head Pulley* berfungsi untuk menyalurkan energi gerak putar pada *Belt* sehingga *Belt* bergerak. (CEMA, 2007)

2.3.1 Geometri *Belt Conveyor*

Geometri dari *Belt* dapat dilihat pada **Gambar 2.2** di bawah ini yang memperlihatkan lintasan dari *Belt Conveyor* itu sendiri,



Gambar 2.2 Geometri *belt conveyor* (Charles, 1964)

Sudut kemiringan terhadap garis *horizontal* (β) tergantung pada faktor gesekan antara material yang dibawa dengan *Belt* yang bergerak, sudut kemiringan tetap dari tumpukan material dan bagaimana cara material dibebankan ke atas *Belt*. Kemiringan yang dapat diizinkan pada *Belt Conveyor* dapat dilihat pada **Tabel 1**. (Charles, 1964)

Tabel 1. Sudut Kemiringan Maksimum yang Diizinkan pada Geometri *Belt Conveyor* untuk Beberapa Jenis Material

Material	Sudut Inklinasi Maksimu m (°)	Material	Sudut Inklinasi Maksimu m (°)
Batubata	12	Pasir Kering	18
Kerikil Basah	12	Pasir Keras	27
Butiran Kecil	18	Bongkahan Biji Mineral	18
Pasir Coran	24	Bijih Mineral Kecil	25
Pasir Basah	26	Batu Antrasit, Koral	17
Batuan Tidak Berbentuk	18	Batubara Mentah	18
Batuan Karang Berbentuk	17	Batubara Ukuran Kecil	22
Batuan Karang Tidak Berbentuk	18	Semen	20
Serbuk	27	Terak	22
Batu Kapur, <i>Powder</i>	23		

Sumber: Charles, 1964

2.3.2 *Belt*

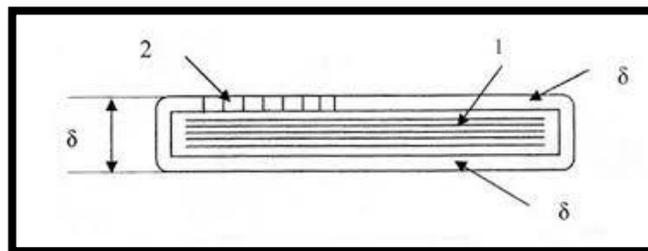
Belt terbuat dari bahan tekstil, baja lembaran atau jalinan kawat baja. *Belt* yang terbuat dari *rubber* tekstil berlapis poliamid nilon paling banyak ditemukan di lapangan. Adapun syarat-syarat untuk memenuhi kriteria *Belt* yaitu,

1. Tahan terhadap beban tarik
2. Tahan terhadap beban kejut
3. Perpanjangan spesifik rendah
4. Harus fleksibel
5. Tidak menyerap air
6. Relatif ringan.

Belt yang digunakan pada *Belt Conveyor* terdiri dari beberapa tipe seperti serat katun, *rubber* tekstil berlapis nilon, karet berlapis kawat baja dan beberapa jenis lainnya. *Belt* harus memenuhi persyaratan yaitu tingkat kemampuan menyerap airnya rendah, kekuatan tinggi, lentur ringan, regangan kecil, ketahanan lapisan yang tinggi serta umur pemakaian yang lama. Untuk persyaratan tersebut, *Belt* berbahan karet adalah yang terbaik. *Belt rubber* tekstil terbuat dari beberapa bahan lapisan yang dikenal dengan istilah *Plies*.

Lapisan-lapisan tersebut dibuat dengan mencampurkan karet alam ataupun sintetis. *Belt* dilengkapi dengan *cover* karet untuk melindungi serat poliamid nilon dari kerusakan atau keausan yang ditimbulkan pada saat beroperasi, sebab beberapa jenis material yang dibawa memiliki sifat yang abrasif. (Anonim, 2011)

Bentuk penampang pada *Belt* ditunjukkan pada **Gambar 2.3** di bawah ini,



Gambar 2.3 Bentuk penampang *belt* (Anonim, 2011)

Keterangan:

1 = Lapisan

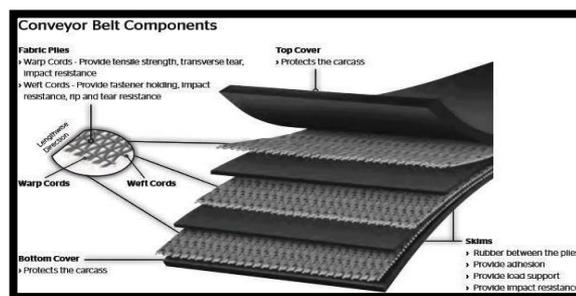
2 = *Cover*

δ_b = Tebal *Belt*

δ_1 = Bagian yang Dibebani Material

δ_2 = Bagian Pembalik.

Tebal tiap lapisan (δ) bervariasi menurut jenis *Belt*, misalnya 1.25 mm untuk *Belt* berlapis katun, 2 mm untuk *Belt* berkekuatan tinggi dan 0.9 s/d 1.4 mm untuk *Belt* sintetis.



Gambar 2.4 Komponen *belt conveyor* bahan *rubber* tekstil berpenguat serat poliamid nilon pabrikan Goodyear (*Catalog of Goodyear, 2015*)

Pada **Gambar 2.4** di atas memperlihatkan komponen penyusun dari *Belt* di mana terdapat beberapa bagian seperti *Fabric Piles*, *Top Cover*, *Bottom Cover* dan *Skims Rubber*. *Fabric Piles* terdiri dari *Warp* dan *Weft Cords*, di mana *Warp Cords* merupakan lapisan serat benang yang membujur mengikuti arah laju *Belt* dan *Weft Cord* merupakan serat benang yang melintang mengikuti lebar *Belt*. Kedua lapisan ini menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi, tahan terhadap pembebanan secara tiba-tiba dan tidak mudah robek. *Top Cover* merupakan bagian atas dari *Belt* yang berfungsi untuk melindungi penguat lapisan bagian atas dan berinteraksi langsung dengan material yang diangkut. *Bottom Cover* merupakan bagian bawah dari *Belt* yang berfungsi untuk melindungi penguat lapisan bagian bawah dan berinteraksi langsung dengan *Idler*, *Pulley* serta *Skirt Board*. *Skims* merupakan lapisan perekat yang terletak di antara serat benang dan *Belt*, berfungsi sebagai pelindung *Belt* dari kelembaban, meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas yang tinggi serta tahan terhadap pembebanan secara tiba-tiba.

2.3.2.1 Permasalahan pada Sabuk *Belt Conveyor*

Belt Conveyor memiliki berbagai permasalahan dalam perawatan dari yang mudah hingga yang rumit, sebab sistem perawatan yang baik terhadap *Belt* akan mempengaruhi usia dari *Belt* dan kemampuannya dalam mengangkut material secara terus menerus. Maka pentingnya perawatan terhadap *Belt* tidak bisa dipungkiri lagi. Namun seiring dengan proses perawatan yang kurang tepat, maka *Belt Conveyor* yang seharusnya bisa digunakan lama sering mengalami berbagai permasalahan di antaranya sbb,

a. Sobek Memanjang

Sobek memanjang searah jalannya *Belt*, baik kerusakan yang terjadi pada *Cover Rubber* saja ataupun terkena *Plies* sehingga terbelah dua.

b. Sobek Melintang

Sobek melintang, baik kerusakan yang terjadi pada *Cover Rubber* maupun tembus terkena *Plies*. Hal ini perlu diperhatikan karena arah melintang di mana arah ini selalu dalam keadaan tegang dan cenderung mengakibatkan robekan semakin membesar.

c. Sobek Pinggir *Belt*

Sobek yang terjadi pada pinggiran *Belt*, biasanya disebabkan karena ketidaklurusan jalannya *Belt Conveyor* sehingga pergeseran antara *Body Hopper* dengan pinggiran *Belt*.

d. *Belt* Aus karena *Scraper* dan *Skirt Board*

Pemilihan *Scraper* dan *Skirt Board* yang tepat pada instalasi *Conveyor* membuat *Belt* lebih tahan lama beroperasi. Apabila pemasangan *Scraper* dan *Skirt Board* tidak memperhatikan jarak pada *Belt*, maka dapat menyebabkan *Belt* tergesek secara terus menerus hingga aus.

e. *Belt* Kurang Kencang

Belt pada instalasi *Conveyor* seiring dengan pengoperasiannya akan mengalami mulur sebagai akibat dari sifat serat penguat *Belt* dan juga tegangan yang dialaminya sehingga menyebabkan *Belt* kurang kencang.

f. Bagian *Belt* yang Membawa Material Melunak

Akibat dari material tambang yang diangkut *Belt* mengandung minyak ataupun tumpahan curah dari *Hopper* berlebihan mengakibatkan bagian *Belt* yang membawa material menjadi lunak.

g. *Belt* Putus

Diakibatkan oleh naiknya temperatur pada motor sehingga kinerja penggerak kurang maksimal, kurangnya pelumasan pada *Idler* dan *Pulley* serta cara penyambungan *Belt* yang kurang tepat. (Wijaya, 2016)

2.3.2.2 Kekuatan Tarik *Belt*

Kekuatan tarik pada sabuk terdapat beberapa titik pembeda, bergantung pada beberapa faktor seperti berikut,

- a. Lajur *Conveyor*
- b. Jumlah dan pengaturan *Drive Pulley*
- c. Karakteristik dari *Drive Pulley* dan sistem pengereman
- d. Jenis, lokasi dan pengaturan perangkat pengencangan sabuk
- e. Instalasi muatan seperti mulai, sedang berjalan, pengereman, baik tanpa beban ataupun bermuatan.

Adapun gaya tarik yang diberikan pada sabuk haruslah sedemikian rupa sehingga pada *rating* berapa pun, gaya periferal yang diterapkan pada semua penggerak *Drive Pulley* ditransmisikan ke sabuk dengan gesekan tanpa mengalami *slip* atau sabuk mengendur serta tidak melebihi batas amannya. (Bhavan, 2010)

2.3.2.3 Transmisi Gaya Periferal pada *Drive Pulley*

Untuk transmisi gaya periferal dari *Drive Pulley* ke *Belt*, gaya tarik minimum pada *Belt* pembalik dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut, (Bhavan, 2010)

$$T_{2\min} \geq T_{E\max} \frac{1}{e^{\mu\phi}-1}$$

Di mana,

$T_{E\max}$ = Kekuatan Periferal Maksimum (N)

μ = Koefisien Gesek antara *Drive Pulley* dan *Belt*

Untuk gaya tarik minimum yang harus diberikan pada *Belt* untuk membatasi jumlah *Belt* yang dapat mengendur sewaktu-waktu di antara dua *Idler* samping dapat dihitung dengan persamaan di bawah, (Bhavan, 2010)

$$T_{\min} \geq \frac{Pc(mB+mG)g}{8S}$$

Di mana,

T_{\min} = Kekuatan Tarik Minimum (N)

S = Lengkungan *Belt* Maksimum yang Diperbolehkan (0,005 sampai 0,02)

Serta untuk kekuatan tarik maksimalnya dapat dihitung dengan persamaan,
(Bhavan, 2010)

$$T_{\max} = T_1 = T_E \left(\frac{\xi}{\varepsilon^{\mu\phi} - 1} - 1 \right)$$

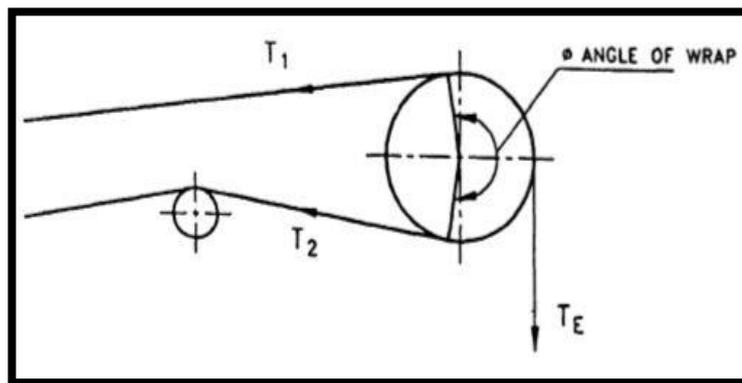
Di mana,

T_{\max}/T_1 = Kekuatan Tarik Maksimum (N)

T_E = Kekuatan Periferal (N)

ξ = Koefisien *Drive Pulley* (antara 1,2 dan 2)

Gambar 2.5 di bawah ini memperlihatkan gaya tarik yang diberikan pada *Belt* merupakan gaya yang diterima *Belt Conveyor* karena adanya tarikan dari *Drive Pulley* pada saat *Belt* beroperasi.



Gambar 2.5 Diagram benda bebas gaya tarik yang diberikan terhadap *Belt*

(Bhavan, 2010)

2.4 Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap *Belt Conveyor*

2.4.1 Hubungan Ukuran Bongkahan Maksimum dengan Lebar *Belt*

Ukuran bongkahan maksimum yang diketahui dari suatu material dapat ditunjukkan pada **Tabel 2.** yang termasuk dalam klasifikasi material. Adapun material dapat dikelompokkan menjadi *sized* (berukuran) dan *unsized* (tidak berukuran) berdasarkan lebar *Belt*nya yaitu sebagai berikut,

Tabel 2. Ukuran Bongkahan Maksimum Berdasarkan Lebar *Belt*

Lebar <i>Belt</i> Bentuk Lebar Standar	Semua Dimensi dalam Satuan Milimeter	
	Ukuran Bongkahan Maksimum	
	Ukuran Sama	Ukuran Tidak Seragam
900	200	380
1000	260	430
1200	360	530
1350	380	660
1400	380	680
1500	410	750
1600	410	800
1800	460	900
2000	500	1020

Sumber: Bhavan, 2010

a. *Unsize*d (Tidak Berukuran)

- ✓ 30% massa semua material kurang dari 1 sampai 6 ukuran bongkahan maksimum.
- ✓ 50% massa semua material kurang dari 1 sampai 3 ukuran bongkahan maksimum.
- ✓ 75% massa semua material kurang dari 1 sampai ½ ukuran bongkahan maksimum.
- ✓ 90% massa semua material kurang dari 2 sampai 3 ukuran bongkahan maksimum.

b. *Sized* (Berukuran)

- ✓ Material yang tidak jatuh sampai ke atas bongkahan.

Serta penentuan yang tepat untuk ukuran bongkahan maksimum juga memerlukan pertimbangan mengenai sudut kemiringan, kecepatan *Belt*, abrasivitas dan karakteristik material lainnya. (Bhavan, 2010)

2.4.2 Hubungan Kecepatan Maksimum *Belt* dengan Lebar *Belt*

Dari **Tabel 3**. Ditunjukkan bahwa kecepatan maksimum *Belt* yang direkomendasikan untuk ukuran-ukuran *Belt* yang berbeda didasarkan pada faktor kecepatannya Untuk sistem *Belt Conveyor* dengan memakai *Ploughs* dan *Trippers*, disarankan untuk menggunakan *Belt* dengan kecepatan rendah. Pemilihan kecepatan *Belt* yang telah direkomendasikan mengacu pada **Tabel 3**. Kecepatan *Belt* yang lebih tinggi, mungkin dianggap dalam suatu kondisi desain khusus. (Bhavan, 2010)

Tabel 3. Kecepatan Maksimum *Belt* yang Direkomendasikan

Lebar <i>Belt</i> (mm)	Mendekati	600	750	950	1200
	500	sampai 650	sampai 800	sampai 1050	sampai 2000
Faktor Kecepatan	Kecepatan <i>Belt</i> (m/s)				
1	2,5	3	3,5	4	4,5
2	2,3	2,75	3,2	3,65	4,12
3 – 4	2	2,38	2,75	3,15	3,55
5 – 6	1,65	2	2,35	2,65	3
7 – 8	1,45	1,75	2,05	2,35	2,62

Sumber: Bhavan, 2010

2.4.3 Hubungan antara Lebar *Belt* dan Densitas Material

Tabel 4. menunjukkan hubungan lebar *Belt* terhadap densitas terbesar dari material yang dapat dipakai untuk menentukan masing-masing sudut kemiringan dan *Return Idler* dalam penentuan skema instalasi *Belt Conveyor*. (Bhavan, 2010)

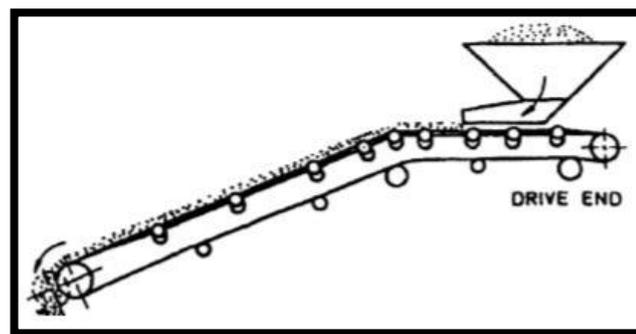
Tabel 4. Hubungan antara Ukuran Bongkahan Maksimum dengan Densitas Material

Ukuran Bongkahan Maksimum (mm)	Densitas Terbesar dari Material (kg/m ³)						
	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
100	24	36	48	60	72	84	96
150	32	48	64	80	96	112	128
200	40	60	80	100	120	140	160
250	48	72	96	120	144	168	192
300	56	84	112	140	168	196	224
350	64	96	128	160	192	224	256
400	72	108	144	180	216	252	288
450	80	120	260	200	240	280	320

Sumber: Bhavan, 2010

2.4.4 Pengaruh Sudut Inklinasi terhadap Jumlah Kapasitas yang Diangkut

Sudut inklinasi (kemiringan) yang berbeda memiliki faktor inklinasi yang berbeda pula. Hal ini disebabkan karena perbedaan inklinasi juga berpengaruh terhadap jumlah kapasitas yang diangkut. Adapun hubungan sudut inklinasi dan faktor inklinasi ditunjukkan pada **Tabel 5**. (Swinderman, 2004)



Gambar 2.6 Loading conveyor dengan sudut inklinasi (Bhavan, 2010)

Tabel 5. Hubungan Sudut Inklinasi dan Faktor Inklinasi

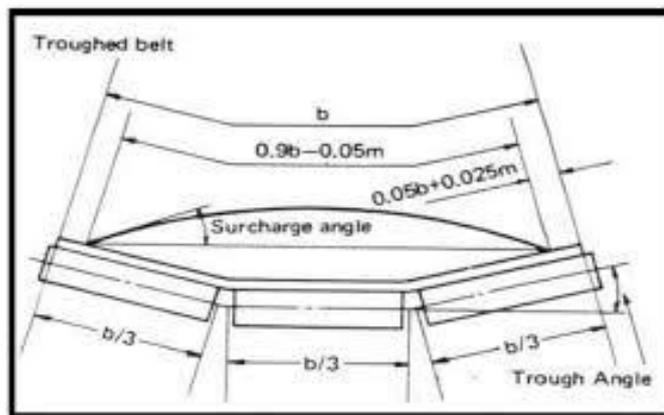
Sudut Inklinasi Kemiringan (°)	Faktor Inklinasi (k)
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81

Sumber: Swinderman, 2004

2.4.5 Pengaruh *Idler* terhadap Luas Penampang Material dan Kapasitas Angkut

Idler berfungsi sebagai bagian untuk menyangga *Belt* dalam operasi memindahkan material. Pemilihan sudut *Idler* juga berpengaruh terhadap luas penampang material pada *Belt Conveyor* serta berpengaruh juga pada kapasitas angkut dari *Belt Conveyor* itu sendiri.

Untuk mencapai kapasitas yang diinginkan dari material yang akan dipindahkan tanpa adanya tumpahan material, *Belt Conveyor* dioperasikan dengan menggunakan 3 buah *Idler*. Nilai sudut *Idler* yang biasa digunakan berkisar antara 20° – 45°, hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.7** (*Association for Rubber Product Manufactures US, 2011*)



Gambar 2.7 *Belt conveyor* dengan 3 roller idler (Anonim, 2011)

Tabel 6. Luas Penampang Maksimum pada *Belt Conveyor* dengan 3 *Idler* Ukuran Sama

Lebar <i>Belt</i> (mm)	<i>Surcharge</i> <i>Angle</i>	<i>Angle of Idler</i>		
		25°	30°	35°
1000	10°	0,077	0,085	0,093
	15°	0,096	0,104	0,111
	20°	0,117	0,134	0,129
1200	10°	0,113	0,126	0,137
	15°	0,142	0,153	0,163
	20°	0,172	0,182	0,191
1400	10°	0,158	0,175	0,193
	15°	0,197	0,213	0,221
	20°	0,238	0,253	0,264
1600	10°	0,209	0,233	0,253
	15°	0,261	0,282	0,302
	20°	0,315	0,334	0,349

Sumber : Bhavan, 2010

Kapasitas *Belt Conveyor* untuk *Belt Conveyor horizontal* dan *Belt Conveyor diagonal* atau dengan sudut inklinasi, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut, (Bhavan, 2010)

$$C = A \times v \times \gamma \times k \times 3600$$

Di mana,

C = Jumlah Kapasitas Angkut (Ton/jam)

A = Luas Penampang Material (m²)

v = Kecepatan *Belt* (m/s)

γ = *Bulk Density* (Ton/m³)

k = Faktor Inklinasi (untuk *Conveyor Inklinasi*)

Pada umumnya *Belt Conveyor* yang digunakan sebagai transportasi pemindah material yang bersifat abrasif seperti *Coal*, *Ore* dan *Concentrate* menggunakan 3 *Idler*. Adapun luas penampang material *Belt Conveyor* menggunakan 3 *Idler* dapat dihitung dengan memakai persamaan sebagai berikut, (Bhavan, 2010)

$$A = K (0,9b - 0,05)^2$$

Di mana,

A = Luas Penampang Material (m²)

K = Koefisien Luas Penampang

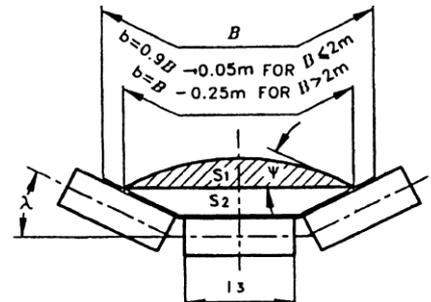
b = Lebar *Belt* (m)

Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai luas penampang material yang dapat diangkat oleh *Belt Conveyor* berdasarkan jumlah dan ukuran *Idlernya* yaitu sebagai berikut, (Bhavan, 2010)

➤ ***Idler* dengan 3 *Roller* Ukuran Sama**

$$A = k (0.9b - 0,05)^2$$

$$h = \frac{b-l}{2} \sin \lambda + \left(\frac{l+(b-l)}{2}\right) \cos \lambda \tan \beta$$



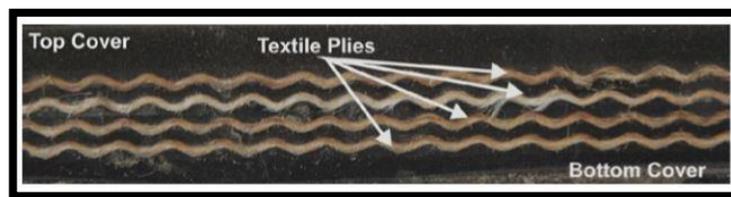
2.5 Karakteristik Bahan *Belt* 2BC 3B Berbahan *Rubber* Tekstil Berpenguat Serat Poliamid Nilon 4 *Plies* Terhadap Pengujian Tarik dan *Bending*

2.5.1 Polimer Komposit *Belt*

Material komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabungkan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain. Komposit merupakan sistem multi fasa yang tersusun atas bahan matriks dan bahan penguat. Bahan matriks adalah fase kontinu dan penguat merupakan fase terdispersi. Polimer yang umum digunakan sebagai matriks komposit yaitu termoset, termoplastik dan elastomer (*rubber*). Bahan penguat dapat berupa serat, partikel atau serpihan. Komposit dengan matriks polimer merupakan material yang menggunakan polimer sebagai matriks dan serat sebagai

penguat. Serat yang umum digunakan dalam material komposit polimer berpenguat serat adalah serat gelas, serat karbon, serat nilon dan serat organik lainnya. Biasanya, kekuatan dan kekakuan serat terhadap pengujian material yang digunakan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan dan kekakuan matriks. Bahan matriks harus memiliki sifat adesif yang baik terhadap serat sehingga mampu mengikat serat secara kuat dan mampu mentransfer beban yang diterima komposit kepada serat. Pada material komposit, performa dari matriks, performa serat serta sifat antara permukaan matriks dan serat akan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap sifat dari material komposit. (Mardiyati, 2018)

Pada sabuk *Belt Conveyor* tipe *fabric* yang diuji kekuatan bahannya, terdapat bagian yang disebut polimer komposit yaitu pada bagian *bottom covernya*. Di mana pada bagian itu, terdapat matriks karet berpenguat serat poliamid nilon yang berlapis. Serat poliamid nilon pada *bottom cover* sabuk *Belt Conveyor* dapat juga disebut sebagai *ply* atau lapisan penguat yang berfungsi sebagai penguat matriks *rubber* tekstil yang sangat tahan terhadap kekuatan tarik dan pembebanan secara tiba-tiba serta perlakuan mekanik lainnya. (Andrejiova dkk, 2020)



Gambar 2.8 Struktur polimer komposit pada bagian *bottom cover belt conveyor*

2.5.2 Pengujian Tarik (*Tensile*)

Pengujian tarik adalah salah satu pengujian yang paling umum dilakukan untuk mengevaluasi bahan. Hasil uji tarik dari suatu bahan menggambarkan banyak perilaku bahan terhadap beban tarik. Hasil uji tariklah yang umumnya dijadikan dasar dalam menilai kekuatan bahan. Kekuatan tarik bahan dijadikan ukuran dalam desain bahan yang mengalami pembebanan. Secara sederhana uji

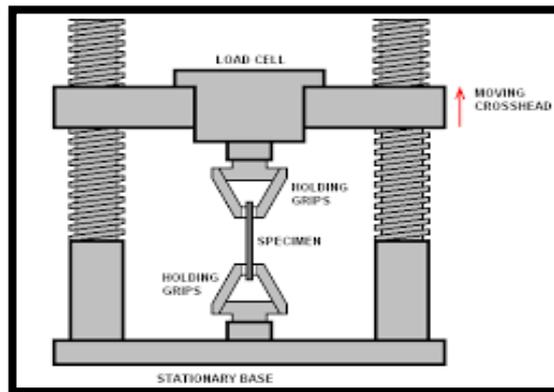
tarik dilakukan dengan mencekam kedua ujung bahan uji pada pencekam mesin uji tarik. Gaya tarik diberikan oleh mesin yang menghasilkan perpanjangan secara gradual dari bahan hingga mengalami perpatahan. Selama proses penarikan data gaya tarik dan perpanjangan direkam. Data ini memperlihatkan perilaku perubahan bentuk bahan selama mengalami pembebanan tarik.

Beberapa sifat mekanik penting dari bahan dapat diketahui melalui uji tarik di antaranya yaitu,

1. Sifat deformasi elastis dan plastis seperti modulus elastis dan plastis
2. Tegangan luluh dan tegangan tarik
3. Kekuatan Tarik
4. Sifat elongasi bahan seperti perpanjangan, dan reduksi penampang
5. Karakteristik pengerasan regangan
6. Jenis *breaking* material.

Sebuah hasil uji tarik ditampilkan dalam bentuk kurva tegangan regangan dari bahan. Grafik tegangan diperoleh dari data bahan yang terukur, sementara data regangan diperoleh dari data penambahan panjang yang terukur pada saat pengujian. Tegangan didefinisikan sebagai besar gaya yang bekerja pada sebuah penampang bahan yang diperoleh dengan membagi besar gaya dengan luas area penampang di mana gaya tersebut bekerja.

Pertambahan panjang (elongasi) sama dengan regangan yaitu ukuran deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi akibat beban yang bekerja. (Modul Lab. Metalurgi Fisik, 2018)



Gambar 2.9 *Universal Testing Machine* dilengkapi dengan spesimen ukuran standar (Ramdan, 2012)

Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Di mana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan *uniaxial* sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain.

Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang *valid* adalah bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan *grips* dan lain-lain. (Gere dan Timoshenko, 2000)

a. Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM (*American Standard Testing and Material*). Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah *grip* atau yang lainnya. Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retakan dan patahan terjadi di daerah ukur (*gage length*). (Nurdiana, 2016)

b. Grip and Face Selection

Face dan *grip* adalah faktor penting. Dengan pemilihan *setting* yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi *slip* atau bahkan pecah dalam daerah *grip* (*jaw break*). Ini akan menghasilkan hasil yang tidak *valid*. *Face* harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan *face*. Beban yang diberikan pada bahan

yang diuji ditransmisikan pada pegangan bahan yang diuji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian. (Nurdiana, 2016)

c. Kekuatan Tarik

Kekuatan yang biasanya ditentukan dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*) dan kuat tarik (*Ultimate Tensile Strength*). Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. (Ramdan, 2012)

d. Tegangan Luluh

Salah satu kekuatan yang biasanya diketahui dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*). Kekuatan luluh (*Yield Strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. (Nurdiana, 2016)

e. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekuatan suatu bahan akan keelastisitasannya. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastisitas ditentukan oleh gaya ikat antar atom, karena gaya-gaya ini tidak dapat dirubah tanpa terjadi perubahan mendasar pada sifat bahannya. Maka modulus elastisitas salah satu sifat-sifat mekanik yang tidak dapat diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas atau pengerjaan dingin. (Gere dan Timoshenko, 2000)

f. Besar Modulus Elastisitas

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen

perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keuletan bahan. Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah regangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastik. (Ramdan, 2012)

Adapun rumus-rumus dasar yang digunakan dalam pengujian tarik polimer yaitu sebagai berikut, (ASTM Standard D412-06, 2008)

a. Tegangan Tarik Maksimum

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

Di mana,

σ_T = Tegangan Tarik (MPa)

F = Gaya pada Elongasi Maksimum (N)

A = Luas Penampang Spesimen yang Tidak Mengalami Regangan (mm²)

b. Tegangan Luluh

$$Y_{stress} = \frac{F_y}{A}$$

Di mana,

Y_{stress} = Tegangan Luluh (MPa)

F_y = Besarnya Gaya yang Timbul pada Titik Luluh (N)

A = Luas Penampang Spesimen (mm²)

c. Kekuatan Tarik

$$T_s = \frac{F_m}{A}$$

Di mana,

T_s = Kekuatan Tarik, Tegangan pada Titik Maksimum (MPa)

F_m = Besarnya Gaya yang Timbul pada Titik Maksimum (N)

A = Luas Penampang Spesimen (mm^2)

d. Elongasi

$$E_{\%} = \frac{100(L - L_o)}{L_o}$$

Di mana,

$E_{\%}$ = Pertambahan Panjang Spesimen (%)

L = Pertambahan Panjang Spesimen setelah Ditarik (mm)

L_o = Panjang Mula-Mula Spesimen (mm)

f. Luas Penampang Spesimen

$$A = \frac{\sigma_T}{F_m}$$

Di mana,

A = Luas Penampang (mm^2)

σ_T = Tegangan Tarik Maksimum (MPa)

F_m = Beban Maksimum (N)

2.5.2.1 Arah Penarikan pada *Belt* 2BC 3B

Dalam proses pengujian tarik sebuah material, perlu terlebih dahulu diketahui arah penarikannya agar pada saat proses pengujian tarik, dapat diketahui kekuatan tarik dari material dengan data yang baik dan valid. Pada *Belt Conveyor* 2BC 3B, arah penarikannya *Beltnya* yaitu memanjang atau sejajar dengan arah laju material tambang pada *Belt* tersebut. Adapun serat penguat atau *Plies* pada *Belt* juga menentukan arah penarikan *Belt*, di mana serat penguat atau *Pliesnya* memanjang mengikuti arah laju material yang

diangkut *Belt*. Pada **Gambar 2.10** di bawah ini memperlihatkan arah penarikan *Belt* untuk menentukan proses pembentukan spesimen untuk pengujian tarik.



Gambar 2.10 Arah penarikan pada *Belt 2BC 3B*

2.5.3 Pengujian Tekuk (*Bending*)

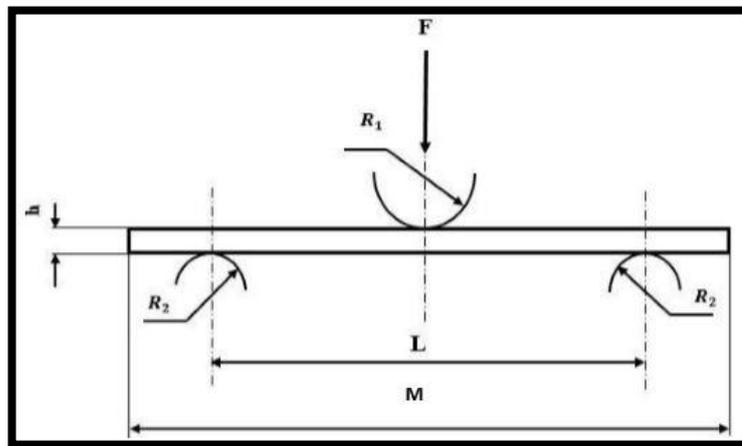
Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan tekuk (*bending*) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji *bending* memiliki beberapa bagian utama, seperti rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang diuji. *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji. Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan tekuk (*bending*) suatu material yang di uji.

Proses pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*.

Untuk melakukan uji *bending*, ada beberapa faktor dan aspek yang harus dipertimbangkan seperti di bawah ini,

a. Tekanan

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan luasan benda yang dikenai gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang diuji. Dimensi mempengaruhi tekanan yang terjadi karena semakin besar dimensi benda uji yang digunakan maka semakin besar pula gaya yang terjadi. Selain itu alat penekan juga mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi. Alat penekan yang digunakan menggunakan sistem hidrolik.



Gambar 2.11 Konfigurasi pembebanan spesimen pada *three point bending* (ASTM Standard, 2008)

b. Spesimen Uji

Spesimen uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan tekukannya dengan menggunakan alat uji *bending*. Jenis material spesimen uji yang digunakan sebagai spesimen uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian *bending*. Karena tiap jenis material memiliki kekuatan tekuk yang berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil uji *bending* itu sendiri.

c. Point Bending

Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian tekuk (*bending*). *Point bending* ini memiliki 2 tipe yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan *two point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan *one point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan, sedangkan *four point bending* menggunakan *two point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan *two point* (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian *three point* dan *four point*.

c.1 Kelebihan *Three Point Bending*

- Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian
- Penempatan *point* lebih mudah.

c.2 Kelebihan *Four Point Bending*

- Penggunaan rumus perhitungan lebih mudah
- Hasil pengujian lebih akurat dibanding *three point*.

c.3 Kekurangan *Three Point Bending*

- Kesulitan menentukan titik tengah persis, karena jika posisi tidak di tengah persis penggunaan rumus berubah
- Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang diuji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan tekuk dengan tegangan geser.

c.4 Kekurangan *Four Point Bending*

- Pembuatan *point* lebih rumit
- *Two point* atas harus bersamaan menekan benda uji. Jika salah satu *point* lebih dulu menekan benda uji maka terjadi *three point bending*, sehingga rumus yang digunakan berbeda.

Adapun rumus-rumus dasar yang digunakan dalam pengujian *bending* yaitu sebagai berikut, (ASTM Standard D7264-07, 2008)

a. Three Point Bending/Tegangan Lentur Maksimum

$$\sigma_B = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Di mana,

σ_B = Tegangan *Bending* (MPa)

P = Beban yang Diberikan (N)

L = Jarak *Support Span* (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

b. Four Point Bending/Tegangan Lentur Maksimum

$$\sigma_B = \frac{3PL}{4bh^2}$$

Di mana,

σ_B = Tegangan *Bending* (MPa)

P = Beban yang Diberikan (N)

L = Jarak *Support Span* (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

c. Regangan Maksimum

$$\epsilon_B = \frac{6\delta h}{L^2}$$

Di mana,

ϵ_B = Regangan Maksimum (mm/mm)

δ = Defleksi Bentangan Tengah (mm)

L = Jarak *Support Span* (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

d. Modulus Elastisitas Lentur

$$E_B = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Di mana,

E_B = Modulus Elastisitas (MPa)

$\Delta\sigma$ = Perbedaan Tegangan *Bending* antara 2 Titik Regangan (MPa)

$\Delta\varepsilon$ = Perbedaan antara 2 Titik Regangan (Nominal 0,002)

e. Modulus Elastisitas Titik Lentur

$$E_B = \frac{L^3m}{4bh^3}$$

Di mana,

E_B = Modulus Elastisitas Titik Potong *Bending* (MPa)

L = Jarak *Support Span* (mm)

b = Lebar Spesimen (mm)

h = Tebal Spesimen (mm)

m = Defleksi pada Beban Maksimum (N/mm)

2.5.3.1 Arah Defleksi atau Lendutan pada *Belt 2BC 3B*

Dalam proses pengujian *bending* sebuah material, perlu terlebih dahulu diketahui arah defleksi atau lendutannya agar pada saat proses pengujian *bending*, dapat diketahui kekuatan *bending* dari material tersebut dengan data yang baik dan valid. Pada *Belt Conveyor 2BC 3B*, arah defleksi *Belt*nya yaitu melintang mengikuti arah lebar pada *Belt* tersebut. Adapun *Idler* dengan 3 ukuran yang sama berfungsi untuk menopang *Belt* pada skema instalasi *Conveyor* agar *Belt* tetap stabil ketika mengalami defleksi dapat juga diketahui arah defleksinya yang mengikuti lebar *Belt* dari kondisi tersebut. Pada **Gambar 2.12** di bawah ini memperlihatkan arah defleksi atau lendutan pada *Belt* untuk menentukan proses pembentukan spesimen untuk pengujian *bending*.



Gambar 2.12 Arah defleksi atau lendutan pada *Belt 2BC 3B*