

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Rofiq & Rohman (2021) dalam jurnalnya berjudul “Analisa Perbandingan Mesin Pengayak Ampas Tahu Sistem Pengayak Berputar dan Sistem Pisau Berputar Kapasitas 25 kg”. Mesin yang dilakukan penelitian pada usaha industri olahan tempe bungkil masih menggunakan pengayakan manual. Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pisau berputar yang ditunjukkan pada Gambar 2. 1 dan pengayak berputar ditunjukkan pada Gambar 2. 2.



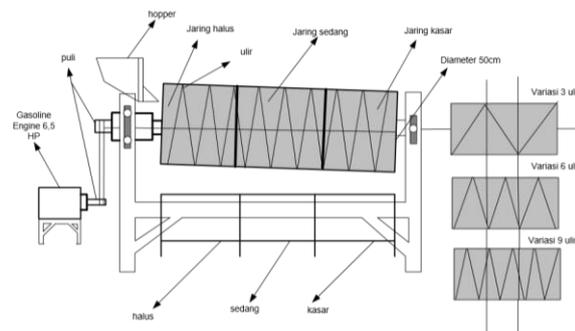
Gambar 2. 1 Pisau berputar (Rofiq & Rohman, 2021)



Gambar 2. 2 Pengayak berputar (Rofiq & Rohman, 2021)

Dari hasil penelitian, efisien mesin pisau berputar menghasilkan *output* lebih banyak dibanding pengayak berputar. Akan tetapi, karakteristik hasil ayakan pisau berputar menghasilkan ampas tahu cenderung kasar. Sedangkan, hasil ayakan pada pengayak berputar menghasilkan ampas tahu halus dan bagus. Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan variasi waktu dalam proses pengayakan.

Menurut Ali dkk (2019) dalam jurnalnya berjudul “Pengaruh Jumlah Ulir dan Kecepatan Putaran Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pengayak Pasir Tipe *Rotary*”. Penelitian memberikan variasi jumlah ulir dan kecepatan putaran kerja mesin pengayak pasir tipe *rotary*. Sampel yang digunakan pasir halus 2 kg, pasir sedang 2 kg, dan pasir kasar 2 kg. Penelitian tentang pengaruh jumlah ulir dan kecepatan putaran ditunjukkan pada Gambar 2. 3.

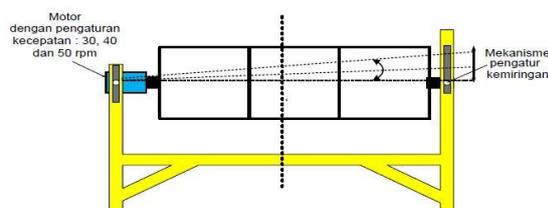


Gambar 2. 3 Variasi ulir (Ali dkk, 2019)

Dari hasil penelitian, panjang lintasan memicu waktu pemisahan lebih lama pada hasil ayakan cenderung mendekati berat awal. Sedangkan, variasi kecepatan putaran dan jumlah ulir berpengaruh terhadap pasir pada mesin ayak pasir tipe *rotary* dan variasi kecepatan menimbulkan volume pasir mengalami selisih berat yang beragam untuk tiga jenis pasir. Penelitian juga dapat dilakukan dengan memberikan variasi sudut kemiringan dan kecepatan berbeda.

Menurut Indra (2021) dalam jurnalnya berjudul “Analisis Lengan Ayun Pada Mesin Pengayak Tepung Sagu Kapasitas 10 Kg”. Mesin menggunakan *electromotor* dengan variasi pada perbandingan panjang lengan ayun 17 cm, 19 cm, dan 21 cm dengan *electromotor* 1.425 rpm. Kesimpulannya semakin rendah kecepatan motor akan semakin baik tingkat hasil ayakan. Penambahan *cover* berupa plat tipis sebagai wadah atau penampung agar tidak terjadi pemborosan tepung akibat tepung yang beterbangan.

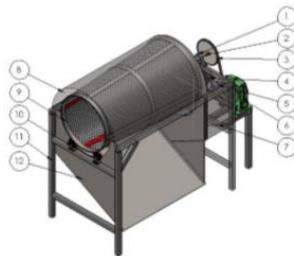
Menurut Cahyono dkk (2019) dalam jurnalnya berjudul “Pengaruh Sudut Kemiringan dan Kecepatan Putaran Saringan Pada Unjuk Kerja Mesin Pengayak Pasir Tipe *Rotary*”. Penelitian hasil ayakan dalam proses saringan dengan variasi sudut kemiringan 10° , 15° , dan 20° dan kecepatan putaran saringan dengan 30 rpm, 40 rpm, dan 50 rpm. Penelitian ditujukan pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Skema alat pengayak pasir tipe *rotary* (Cahyono dkk, 2019)

Dari hasil penelitian, pengaruh sudut kemiringan dan kecepatan rpm besar mendapatkan hasil kualitas saringan pasir yang sedikit dan menghasilkan waktu proses saringan lebih cepat. Sedangkan pengaruh penggunaan sudut kemiringan dan kecepatan putaran yang rendah menghasilkan kualitas saringan pasir yang tinggi dan menghasilkan waktu proses saringan pasir lama.

Menurut Harsito dkk (2021) dalam jurnalnya berjudul “Penerapan Teknologi Tepat Guna Sebagai Peningkatan Kapasitas Mesin Pengayak Pasir Tipe *Rotary* Dan Usaha Dusun Tanggalkan, Kabupaten Karanganyar”. Tim pelaksana, tim perencana, dan mitra melakukan diskusi berdasarkan permasalahan dan juga tim perancangan melakukan pengumpulan referensi alat dan kebutuhan. Solusinya perlu adanya penerapan teknologi tepat guna untuk meningkatkan pembangunan dengan adanya mesin pengayak tipe *rotary* dan juga menjadi usaha dusun.



Gambar 2. 5 Mesin pengayak pasir *rotary* (Harsito dkk, 2021)

Daya yang ditransmisikan untuk menggerakkan ayakan bersumber dari motor listrik dengan daya 0,5 HP dan kecepatan 1400 rpm. Sistem transmisi yang digunakan adalah *speed reducer* untuk menurunkan kecepatan dari 1400 rpm menjadi 140 rpm dengan perbandingan 1:10. Kemudian kecepatan diturunkan lagi menjadi 70 rpm menggunakan rantai dan *sproket* dengan rasio 1:2.

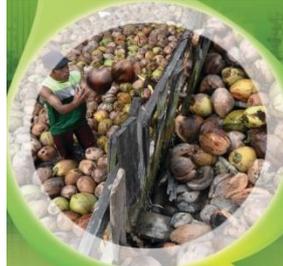
2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah dasar yang digunakan sebagai pondasi dalam sebuah penelitian, dasar teori yang digunakan seperti definisi dan rumus.

2.2.1 Kelapa

Tanaman kelapa merupakan salah satu komoditas perkebunan yang telah lama dikenal dan sangat berperan bagi kehidupan masyarakat. Bila ditinjau dari aspek ekonomi, tanaman ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Setiap bagian dari komoditas ini dapat menghasilkan berbagai produk yang mempunyai nilai jual.

Peluang bisnis yang dihasilkan oleh komoditas ini cukup banyak, mulai dari batang, daun, sabut, batok, air, dan dagingnya semua memiliki nilai bisnis (Hendrawati, 2017).



Gambar 2. 6 Buah kelapa (Hendrawati, 2017)

2.2.2 Metode perancangan VDI 2222

VDI (*Verien Deutsche Ingenieur*) 2222 mendefinisikan pendekatan dan metode individu untuk desain konseptual yang ditujukan untuk pengembangan produk. Perencanaan kegiatan pada proses perancangan yaitu merencana untuk mendapatkan spesifikasi informasi yang dibutuhkan, mengkonsep untuk mendapatkan solusi prinsip, merancang untuk mendapatkan spesifikasi konstruksi, penyelesaian untuk mendapatkan hasil akhir berupa dokumentasi (Pahl dkk, 2007). Proses perancangan VDI 2222 dapat dilihat pada Lampiran 9.

1. Merencana

Merencana adalah cara berpikir mengenai persoalan sosial dan ekonomi, terutama orientasi pada masa mendatang, berkembang dengan hubungan antara tujuan dan keputusan kolektif, mengusahakan kebijakan, dan program (Taufiqurokhman, 2008).

2. Mengkonsep

Konsep menjadi pembahasan yang terus mengalami perubahan dan perkembangan. Hal ini karena penelitian dan kajian yang terus dilakukan oleh para peneliti sehingga mendapatkan hasil terbaik selama proses pembelajaran (Ananda dan Hayati, 2020).

3. Merancang

Merancang adalah pengembangan sistem baru dari sistem lama yang telah ada, di mana masalah-masalah yang terjadi pada sistem lama diharapkan sudah teratasi pada sistem baru (Azis, 2022).

4. Penyelesaian

Penyelesaian adalah implementasi yang mempunyai tujuan untuk membuat gambar susunan dari rancangan yang telah dibuat dan gambar detail.

2.2.3 Identifikasi masalah

Identifikasi masalah untuk membentuk penemuan baru dari pengembangan penelitian atau pengetahuan terdahulu (Sahir, 2021).

2.2.4 Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data merupakan proses penelitian dan merupakan bagian penting. Teknik pengambilan data harus benar dan sesuai dengan tujuan penelitian awal (Sahir, 2021).

2.2.5 Studi literatur

Tujuan utama studi literatur adalah menemukan variabel yang akan diteliti, membedakan hal yang sudah dilakukan dan menentukan hal yang perlu dilakukan, dan memperoleh perspektif baru (Sarwono, 2006).

2.2.6 Studi lapangan

Studi lapangan atau penelitian aksi adalah penelitian yang dilakukan dengan sebuah aksi atau tindakan berdasarkan teori sebelumnya sehingga memberikan solusi terbaik dalam masalah penelitian (Sahir, 2021).

2.2.7 Proses produksi

Rangkaian kegiatan menggunakan peralatan, sehingga masukan dapat diarahkan pada pengembangan produk. Produk yang dihasilkan memiliki kelebihan dengan produk lain (Wirabhuana dkk, 2007).

2.2.8 Gambar teknik

Gambar teknik adalah pekerjaan yang menunjukkan bentuk dan ukuran dari benda atau konstruksi dengan aturan sesuai standar yang disepakati bersama yang dinyatakan di atas kertas gambar (Abryandoko, 2020).

1. Skala gambar

Skala adalah perbandingan ukuran nyata dengan ukuran gambar. Skala untuk memperbesar komponen kecil menjadi ukuran yang lebih besar begitupun sebaliknya. Skala dipakai dunia industri 1:1 menunjukkan ukuran sebenarnya,

skala 2:1 menunjukkan dua kali ukuran sebenarnya, dan skala 1:2 menunjukkan ukuran setengah lebih kecil dari ukuran sebenarnya (Abryandoko, 2020).

2. Proyeksi

Proyeksi adalah implementasi gambar dari objek nyata dibuat dengan garis bidang datar. Proyeksi untuk menampilkan objek gambar nyata ke dalam gambar. Proyeksi terletak pada kuadran I dan peletakan *view* sisi kiri sebagai pandangan utama. Sedangkan, proyeksi amerika terletak pada kuadran I dan peletakan *view* sisi kanan sebagai pandangan utama (Abryandoko, 2020).

2.2.9 *Solidworks*

Solidworks adalah program yang dirancang untuk kebutuhan penggambaran bidang teknik. Misalnya desain produk, desain mesin, desain *mold*, dan keperluan teknik lainnya. *Solidworks* adalah *software CAD (Computer Aided Design)* yang menyediakan *feature based parametic solid modeling* sehingga banyak yang digunakan untuk pemodelan 3D (Bintari dan Anurogo, 2018).

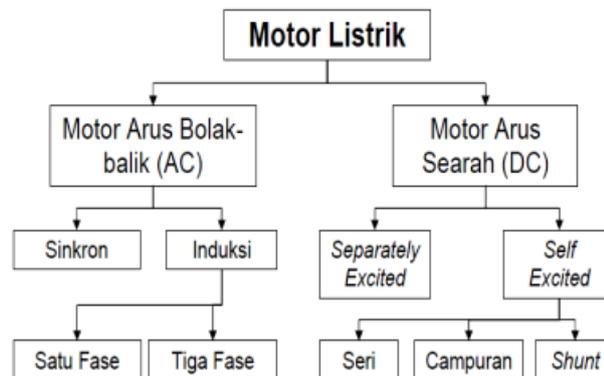
2.2.10 Macam-macam mesin

1. Motor listrik

Motor listrik berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Perubahan dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet disebut elektromagnet (Bagia dan Parsa, 2018). Motor listrik ditunjukkan pada Gambar 2. 7 dan jenis motor listrik ditunjukkan oleh Gambar 2. 8.



Gambar 2. 7 Motor listrik (Bagia dan Parsa, 2018)



Gambar 2. 8 Jenis motor listrik (Bagia dan Parsa, 2018)

a. Motor AC

Motor arus bolak-balik menggunakan arus yang membalikkan arah secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor AC lebih sulit dikendalikan sehingga untuk mengatasi ini dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan daya (Bagia dan Parsa, 2018).

b. Motor DC

Motor arus searah menggunakan arus langsung. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus di mana diperlukan penyalaan torsi tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas (Bagia dan Parsa, 2018).

2. Mesin las SMAW

Mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) untuk menyatukan dua atau lebih logam menggunakan sumber panas dari listrik dengan elektroda. Prinsip las SMAW saat ujung elektroda didekatkan pada benda terjadi panas listrik membuat antara benda dengan ujung elektroda terbungkus tersebut mencair (Mulyadi dan Iswanto, 2020). Mesin las ditunjukkan oleh Gambar 2. 9.



Gambar 2. 9 Mesin las

3. Mesin gurdi

Proses gurdi digunakan untuk pembuatan lubang silindris. Pembuatan lubang dengan bor di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. Jika benda kerja dituntut kepresisian yang tinggi (ketepatan ukuran) pada dinding lubang, maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan pembenam atau penggerek (Widarto, 2008).



Gambar 2. 10 Mesin gurdi

a. Kecepatan potong v (m/min)

Rumus mesin gurdi untuk mengetahui kecepatan potong dapat dilihat pada persamaan 2.1 (Rochim, 2007).

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- 1) d = diameter rata-rata (mm)
- 2) n = putaran spindel (r/min)

b. Gerak makan per mata potong f_z (mm/r)

Rumus mesin gurdi untuk mengetahui gerak makan per mata potong dapat dilihat pada persamaan 2.2 (Rochim, 2007).

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- 1) v_f = kecepatan makan (mm/min)
- 2) z = jumlah mata potong

c. Kedalaman potong a (mm)

Rumus mesin gurdi untuk mengetahui kedalaman potong dapat dilihat pada persamaan 2.3 (Rochim, 2007).

$$a = \frac{d}{2} \quad (2.3)$$

d. Waktu pemotongan t_c (min)

Rumus mesin gurdi untuk mengetahui waktu pemotongan dapat dilihat pada persamaan 2.4 (Rochim, 2007).

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- 1) l_t = panjang pemesinan (mm)

4. Mesin gerinda

Mesin gerinda adalah mesin perkakas untuk mengasah atau memotong benda kerja. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan (Widarto, 2008). Contoh gerinda seperti gerinda tangan dan gerinda duduk yang ditunjukkan oleh Gambar 2. 11 dan 2. 12.



Gambar 2. 11 Mesin gerinda tangan



Gambar 2. 12 Mesin gerinda duduk

5. Mesin bubut

Benda kerja dipegang pencekam yang dipasang pada poros utama (spindel). Dengan mengatur lengan pengatur, terdapat pada kepala diam (*head stock*), putaran poros utama (n) dapat dipilih. Mesin bubut konvensional, putaran poros utama dibuat bertingkat dengan aturan standar. Untuk mesin bubut CNC, putaran motor variabel ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (Rochim, 2007).

a. Kedalaman potong a (mm)

Rumus mesin bubut untuk mengetahui kedalaman potong dapat dilihat pada persamaan 2.5 (Rochim, 2007).

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- 1) d_o = diameter mula (mm)
- 2) d_m = diameter akhir (mm)

b. Kecepatan potong v (m/min)

Rumus mesin bubut untuk mengetahui kecepatan potong dapat dilihat pada persamaan 2.6 (Rochim, 2007).

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- 1) d = diameter rata-rata (mm)

c. Kecepatan makan v_f (mm/min)

Rumus mesin bubut untuk mengetahui kecepatan makan dapat dilihat pada persamaan 2.7 (Rochim, 2007).

$$v_f = f \times n \quad (2.7)$$

Keterangan :

- 1) f = gerak makan (mm/r)
- 2) n = putaran spindel/poros utama (r)/min

d. Waktu pemotongan (min)

Rumus mesin bubut untuk mengetahui waktu pemotongan dapat dilihat pada persamaan 2.8 (Rochim, 2007).

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- 1) l_t = panjang pemesinan (mm)

2.2.11 Pengayakan atau *screening*

Pengayakan adalah sebuah cara pengelompokan butiran yang akan dipisahkan menjadi satu atau beberapa kelompok. Dengan demikian, dapat dipisahkan antara partikel lolos ayakan (butir halus) dan yang tertinggal di ayakan (butir kasar). Ukuran butiran tertentu yang masih bisa melintasi ayakan, dinyatakan sebagai butiran batas (Tungadi, 2018).

2.2.12 Keseimbangan benda tegar

Keseimbangan benda tegar adalah kondisi benda dengan resultan gaya yang bekerja pada sumbu x, y, dan z sama dengan nol dan momen gaya yang bekerja pada sumbu x, y, dan z sama dengan nol. Deformasi yang diterima dalam bidang biasanya sangat kecil dibandingkan dengan keseluruhan dimensi bangunan. Oleh karena itu, tujuan memperoleh gaya yang terdapat dalam batang dan dimensi awal batang yang tidak berdeformasi dipergunakan dalam perhitungan (Popov, 1995).

$$\Sigma F_x = 0 \text{ (resultan gaya yang terdapat pada sumbu x nilainya nol)} \quad (2.9)$$

$$\Sigma F_y = 0 \text{ (resultan gaya yang terdapat pada sumbu y nilainya nol)} \quad (2.10)$$

$$\Sigma M = 0 \text{ (resultan momen yang terdapat pada tumpuan nilainya nol)} \quad (2.11)$$

2.2.13 Momen (N.m atau N.mm)

Momen adalah hasil kali gaya dan jarak. Jarak adalah garis lurus terhadap garis kerjanya. Momen dapat diberi tanda positif atau negatif bergantung dari perjanjian umum, tetapi dapat juga tidak memakai perjanjian umum, yang penting bila arah momen gaya itu berbeda tandanya harus berbeda (Murfihenni, 2014).

$$M = F \times r \quad (2.12)$$

Keterangan :

1. F = Gaya (N)
2. r = Jarak (m)

2.2.14 Hukum newton

1. Hukum newton I

Hukum newton I menjelaskan sifat kelembaman benda, yaitu keberadaan besaran yang dinamakan dengan massa. Semakin besar kelembaman yang dimiliki oleh benda, maka akan semakin kuat benda mempertahankan sifat kelembamannya (Abdullah, 2016). Rumus yang dipakai pada hukum newton I:

$$\Sigma F = 0 \quad (2.13)$$

2. Hukum newton II

Hukum newton II menjelaskan benda yang bergerak terjadi karena perubahan keadaan. Hukum ini menyatakan benda dapat diubah keadaan gerak apabila pada benda bekerja. Gaya yang bekerja berkaitan dengan perubahan keadaan gerak benda (Abdullah, 2016). Rumus yang dipakai pada hukum newton II:

$$\Sigma F = m \times a \quad (2.14)$$

3. Hukum newton III

Hukum newton III menjelaskan keberadaan gaya aksi nilainya sama besar dengan gaya reaksi pada arah yang berlawanan. Apabila salah satu benda melakukan gaya pada benda lain, maka benda kedua melakukan gaya yang sama besar pada benda awal dengan arah yang berlawanan (Abdullah, 2016). Rumus yang dipakai pada hukum newton III:

$$F_{\text{aksi}} = F_{\text{reaksi}} \quad (2.15)$$

2.2.15 Dasar tumpuan dalam mekanika teknik

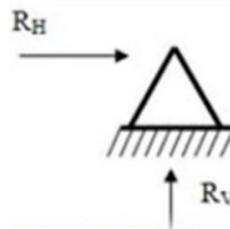
Tumpuan adalah tempat bersandarnya suatu konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi. Masing-masing mempunyai karakteristik berbeda. Perletakan atau tumpuan adalah suatu konstruksi yang direncanakan untuk suatu keperluan tertentu. Tugas utama konstruksi adalah mengumpulkan untuk melaksanakan tugasnya dengan baik konstruksi harus berdiri dengan kokoh (Murfihenni, 2014).

1. Tumpuan bebas

Tumpuan bebas merupakan tumpuan yang terjadi apabila kedua ujung balok dapat berputar secara bebas. Akibat pelenturan pada balok akan terjadi putaran sudut pada ujung balok dan apabila terjadi pelenturan maka panjang batang mendatar akan berkurang (Murfihenni, 2014).

2. Tumpuan sendi

Tumpuan sendi merupakan tumpuan menahan gaya searah dan gaya tegak lurus, tetapi tidak dapat menahan momen. Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horizontal. Tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang. Jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horizontal dan yang lainnya dalam arah vertikal (Murfihenni, 2014). Tumpuan sendi ditunjukkan oleh Gambar 2. 13.



Gambar 2. 13 Tumpuan sendi (Murfihenni, 2014)

3. Tumpuan rol

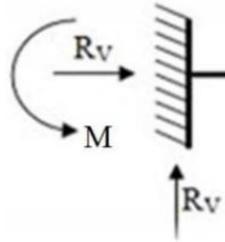
Tumpuan rol merupakan tumpuan yang menahan gaya tegak lurus saja terhadap bidang tumpuan, tidak bisa menahan gaya yang sejajar dan momen. Rol merupakan tumpuan yang hanya menerima gaya reaksi vertikal (Murfihenni, 2014). Tumpuan rol ditunjukkan oleh Gambar 2. 14.



Gambar 2. 14 Tumpuan rol (Murfihenni, 2014)

4. Tumpuan jepit

Tumpuan jepit merupakan tumpuan yang dapat menahan gaya tegak lurus, searah, dan gaya momen. Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal, dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit mampu melawan gaya setiap arah dan juga mampu melawan sudut momen (Murfihenni, 2014). Tumpuan jepit ditunjukkan oleh Gambar 2. 15.



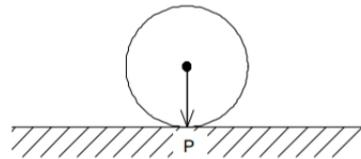
Gambar 2. 15 Tumpuan jepit (Murfihenni, 2014)

2.2.16 Beban (Muatan)

Beban atau muatan terbagi bermacam-macam jenis yang dijabarkan di bawah ini.

1. Beban terpusat

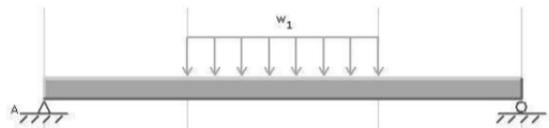
Beban terpusat adalah beban yang titik singgungnya sangat kecil yang dalam batas tertentu luas bidang singgung tersebut dapat diabaikan (Murfihenni, 2014). Beban terpusat ditunjukkan oleh Gambar 2. 16.



Gambar 2. 16 Beban terpusat (Murfihenni, 2014)

2. Beban merata

Beban merata adalah beban yang bekerja menyentuh bidang konstruksi yang cukup luas yang tidak dapat diabaikan. Contohnya plat lantai, balok beton dan tekanan tembok pada balok beton (Murfihenni, 2014). Beban merata ditunjukkan oleh Gambar 2. 17.

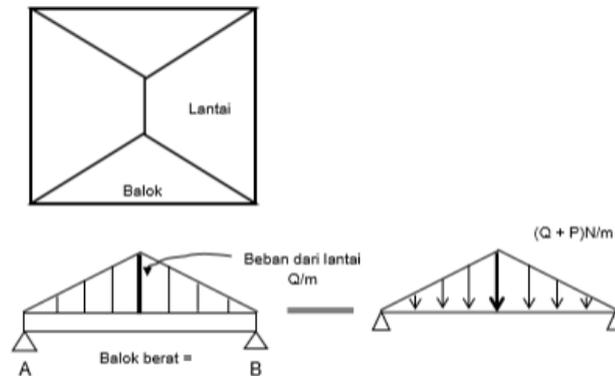


Gambar 2. 17 Beban merata (Murfihenni, 2014)

3. Beban tidak merata

Beban tidak merata adalah muatan yang luas singgungnya merata tapi muatannya tidak terbagi rata. Beban tidak merata dapat berupa beban berbentuk segitiga satu sisi maupun dua sisi, berbentuk trapesium, dan sebagainya. Satuan

beban ini dalam newton per meter (Murfihenni, 2014). Beban momen ditunjukkan oleh Gambar 2. 18.



Gambar 2. 18 Beban tidak merata (Murfihenni, 2014)

2.2.17 Diagram gaya bebas (*free body diagram*)

Konstruksi merupakan suatu elemen bangunan (*free body*) yang menahan keseimbangan antara muatan (aksi) dan reaksi, di mana gaya muatan bekerja di luar konstruksi yang disebut sebagai gaya luar (muatan dan reaksi), sehingga timbul gaya yang merambat dari muatan kepada reaksi peletakan yang disebut sebagai gaya dalam (gaya normal, gaya lintang/geser, dan gaya momen) (Murfihenni, 2014).

2.2.18 Alat ukur

1. Jangka sorong

Jangka sorong berfungsi mengukur diameter dalam atau luar benda. Jangka sorong memiliki 2 bagian, yaitu rahang tetap sebagai tempat skala tetap dan rahang sorong sebagai tempat skala nonius yang dapat digeser-geser (Faradiba, 2020).

2. Meteran

Meteran yaitu alat ukur panjang dengan ketelitian sampai 0,5 mm. Satuan yang digunakan adalah mm, cm, feet, atau inch. Panjang dari meteran biasanya bisa mencapai 10, 20, 30, 50, dan 100 meter (Faradiba, 2020). Meteran ditunjukkan oleh Gambar 2. 19.



Gambar 2. 19 Meteran

2.2.19 *Speed reducer*

Speed reducer atau *gearbox* untuk menerima tenaga dari mesin melalui poros yang berputar, untuk menyalurkan daya elemen mesin yang mengurangi kecepatan putaran ke nilai yang diinginkan, untuk menyalurkan daya pada kecepatan rendah ke *output* poros yang pada akhirnya menggerakkan poros lainnya (Mott dkk, 2018).

2.2.20 Poros

Poros adalah komponen yang digunakan dalam elemen mesin karena termasuk ke dalam bagian penting. Hampir semua mesin yang digunakan menggunakan poros sebagai sistem transmisi atau sistem pemindahan tenaga bersama dengan putaran (Sularso, 2008).

1. Hal dalam perencanaan poros

a. Kekuatan poros

Poros transmisi yang mengalami beban puntir atau lentur dan puntir. Poros yang terdapat beban tarik dan beban tekan, contohnya poros baling-baling kapal atau turbin. Kelelahan *fatigue*, tumbukan atau pengaruh konsentrasi dari tegangan apabila diameter poros yang diperkecil (poros bertangga) atau bila poros yang mempunyai alur pasak (Sularso, 2008).

b. Kekakuan poros

Poros memiliki kekuatan cukup, tetapi defleksi puntir yang besar menyebabkan ketidaktelitian pada getaran dan suara. Contohnya seperti turbin dan kotak roda gigi (Sularso, 2008).

c. Putaran kritis

Putaran mesin dinaikkan menyebabkan getaran luar biasa pada putaran tertentu disebut dengan putaran kritis. Hal ini dapat merusak pada bagian poros dan bagian lainnya seperti turbin, motor torak, dan motor listrik (Sularso, 2008).

d. Korosi

Bahan memiliki sifat tahan korosi untuk poros *propeller* dan pompa bergesekan dengan fluida yang korosif. Direncanakan untuk poros yang terancam kavitasi, dan poros mesin yang berhenti lama (Sularso, 2008).

e. Bahan poros

Bahan poros biasanya terbuat dari baja batang yang dilakukan tarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C). Poros berfungsi untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat biasanya terbuat dari baja paduan yang dilakukan pengerasan pada kulit yang sangat tahan terhadap aus. Contohnya baja *khrom* nikel, baja *khrom* nikel molibden, baja *khrom*, dan baja *khrom* molibden. Penjelasan tentang baja karbon untuk konstruksi mesin ditujukan oleh Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros (Sularso, 2008)

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	Penormalan	52	
	S40C	Penormalan	55	
	S45C	Penormalan	58	
	S50C	Penormalan	62	
	S55C	Penormalan	66	

Penjelasan tentang penggolongan baja secara umum terdapat beberapa macam ditujukan oleh Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Penggolongan baja secara umum (Sularso, 2008)

Golongan	Kadar C (%)
Baja lunak	<0,15
Baja liat	0,2-0,3
Baja agak keras	0,3-0,5
Baja keras	0,5-0,8
Baja sangat keras	0,8-1,2

2. Poros dengan beban puntir dan lentur

Poros umumnya meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi, dan rantai. Poros yang berputar mendapat beban puntir dan lentur sehingga pada permukaan poros akan terjadi tegangan geser. Beban bekerja pada poros adalah beban berulang. Poros mendapat beban untuk meneruskan daya yang besar maka terjadi kejutan dengan tingkat tinggi saat berputar. ASME menganjurkan diameter poros pada pengaruh kelelahan poros yang mendapatkan beban berulang (Sularso, 2008).

a. Daya yang ditransmisikan P (kW) dan putaran poros

Daya harus ditransmisikan putarannya pada poros dan putaran poros n (rpm). Jika P adalah rata-rata yang dibutuhkan maka dilakukan membagi efisiensi mekanis η dari sistem transmisi agar mendapatkan daya dari penggerak awal yang dibutuhkan. Jika P adalah nominal *output* penggerak motor, maka macam faktor keamanan dapat diambil dalam perencanaan (Sularso, 2008).

b. Faktor koreksi

Menurut ASME terdapat anjuran mengenai faktor koreksi yang meliputi beban dikenakan secara halus dinyatakan nilainya 1, beban yang dikenakan dengan sedikit kejutan dinyatakan nilainya 1-1,5, dan beban yang dikenakan dengan tumbukan yang besar dinyatakan dengan 1,5-3 (Sularso, 2008).

Tabel 2. 3 Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan (Sularso, 2008)

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 1,5

c. Daya rencana

Daya rencana adalah daya yang berasal dari motor listrik yang akan disalurkan melalui mesin antara *pulley* dan sabuk untuk mengetahui kinerja dari rencana sebagai berikut (Sularso, 2008).

$$P_d = f_c \times P \quad (2.16)$$

Keterangan :

- 1) P_d = Daya rencana (kW)
- 2) P = Daya motor listrik (kW)

d. Momen rencana

Daya diberikan dalam daya kuda (PS), maka harus dikalikan dengan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW. Jika momen puntir (disebut juga momen rencana) adalah T (kg.mm) maka dengan persamaan 2.17 (Sularso, 2008).

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (2.17)$$

Keterangan :

- 1) P_d = Daya rencana (kW)
- 2) P = Daya motor listrik (kW)

e. Keadaan beban

Beban yang tertumpu pada poros digambarkan pada setiap tumpuannya untuk mempermudah menganalisis beban yang terjadi pada tumpuan balok.

f. Perhitungan beban horizontal dan beban vertikal

Bagian gandar di mana dipasangkan naf roda disebut dudukan roda. Beban tambahan dalam arah vertikal (V) dan horizontal (H) menimbulkan momen pada dudukan roda ini (Sularso, 2008).

g. Gaya reaksi engsel

Gaya reaksi ditimbulkan oleh hukum newton III pada persamaan 2. 15 karena reaksi selalu berlawanan dengan aksi yang diterima. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menentukan gaya reaksi engsel (Sularso, 2008).

$$R_{H1} = \frac{(H_1 \times r_1) + (H_2 \times r_2)}{r_{total}} \quad (2.18)$$

$$R_{H2} = (H_1 + H_2) - R_{H1} \quad (2.19)$$

$$R_{V1} = \frac{(V_1 \times r_1) + (V_2 \times r_2)}{r_{total}} \quad (2.20)$$

$$R_{V2} = (V_1 + V_2) - R_{V1} \quad (2.21)$$

Keterangan:

- 1) R_H = Reaksi engsel horizontal (kg)
- 2) R_V = Reaksi engsel vertikal (kg)

h. Diagram momen lentur

Momen adalah hasil kali antara gaya dengan jarak. Jarak yang diperlukan adalah garis lurus terhadap garis kerjanya (Murfihenni, 2014). Rumus dasar yang digunakan pada persamaan 2. 12 (Sularso, 2008). Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menentukan momen lentur.

$$M_H = R_H \times r \quad (2.22)$$

$$M_V = R_V \times r \quad (2.23)$$

Keterangan :

- 1) M_H = Momen lentur horizontal (kg.mm)
- 2) M_V = Momen lentur vertikal (kg.mm)
- 3) r = Jarak (mm)

i. Momen lentur gabungan

Perhitungan momen lentur yang digunakan berdasarkan persamaan 2. 22 dan 2. 23 pada diagram momen lentur dengan menggabungkan. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menentukan momen lentur gabungan.

$$M_R = \sqrt{(M_H)^2 + (M_V)^2} \quad (2.24)$$

Keterangan :

- 1) M_R = Momen lentur gabungan (kg.mm)

j. Bahan poros

Bahan pada poros yang digunakan dengan karakteristik tertentu dalam pemilihan material seperti pada Tabel 2. 1.

k. Tegangan geser yang diizinkan

Tegangan geser dihitung dari kelelahan puntir dengan nilai 40% dari batas kelelahan tarik yang memiliki nilai sekitar 45% dari kekuatan tarik. Batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik dari standar ASME. Nilai 18% adalah faktor keamanan yang diambil sebesar $1/0,18 = 5,6$. Nilai 5,6 diambil untuk faktor keamanan yang terjamin, dan nilai 6 digunakan untuk bahan S-C

dengan pengaruh masa. Faktor dinyatakan dengan S_{f1} . Dalam memasukkan pengaruh ke perhitungan perlu diambil faktor yang dinyatakan sebagai S_{f2} dengan nilai 1,3 sampai 3,0 (Sularso, 2008).

$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2.25)$$

Keterangan :

- 1) τ_{α} = Tegangan lentur (kg/mm^2)
- 2) σ_b = Kekuatan tarik (kg/mm^2)
- 3) S_f = Faktor keamanan

l. Faktor koreksi lenturan (K_t) dan puntiran (K_m)

1) Faktor koreksi lenturan

Faktor koreksi yang dianjurkan oleh ASME juga dipakai di sini. Faktor ini dinyatakan dengan K_t dipilih sebesar 1,0 jika beban dikenakan secara halus, 1,0-1,5 jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan, dan 1,5-3,0 jika beban dikenakan dengan kejutan atau tumbukan (Sularso, 2008).

2) Faktor koreksi puntiran

Pada poros berputar dengan pembebanan momen lentur tetap, besarnya faktor K_m adalah 1,5. Beban tumbukan ringan terletak antara 1,5 dan 2,0, dan untuk beban tumbukan berat K_m terletak antara 2 dan 3 (Sularso, 2008).

m. Diameter poros

Ada suatu cara perhitungan yang populer dicari terlebih dahulu momen puntir ekuivalen yang dihitung menurut teori tegangan geser maksimum, dan momen lentur ekuivalen yang diperoleh dengan teori tegangan normal maksimum. Diameter poros ditentukan dengan menganggap bahwa kedua momen di atas dibebankan pada poros secara terpisah. Hasil perhitungan ini kemudian dipilih harga diameter yang terbesar (Sularso, 2008).

$$d_s \geq [(5,1/\tau_{\alpha}) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2}]^{\frac{1}{3}} \quad (2.26)$$

Keterangan :

- 1) d_s = Diameter poros (mm)

2.2.21 Bantalan

Bantalan adalah elemen menumpu poros berbeban, sehingga gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur (Sularso, 2008).

1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros
 - a. Bantalan luncur. Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan pelumas.
 - b. Bantalan gelinding. Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum, dan rol bulat.
2. Atas dasar arah beban terhadap poros
 1. Bantalan radial. Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.
 2. Bantalan radial. Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.
 3. Bantalan glinding khusus. Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Di bawah ini merupakan perhitungan bantalan:

1. Perencanaan umur bantalan

Bantalan untuk poros penggerak yang diameternya disesuaikan dengan ukuran poros yang dinyatakan aman, maka beban ekuivalen dinamis dapat dihitung (Sularso, 2008). Pengaplikasian umur bantalan dapat dilihat pada Gambar 2. 20 di bawah ini (Mott, 2009).

Application	Design life L_{10} , h
Domestic appliances, instruments, medical apparatus	1000-2000
Aircraft engines	1000-4000
Automotive	1500-5000
Agricultural equipment, hoists, construction machines	3000-6000
Elevators, industrial fans, multipurpose gearing, rotary crushers, cranes	8000-15 000
Electric motors, industrial blowers, general industrial machines, conveyors	20 000-30 000
Pumps and compressors, textile machinery, rolling mill drives	40 000-60 000
Critical equipment in continuous, 24-h operation; power plants, ship drives	100 000-200 000

Source: Eugene A. Avallone and Theodore Baumeister III, eds., *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

Gambar 2. 20 Umur rancangan bantalan (Mott, 2009)

2. Hitung jumlah putaran rancangan L_d (jam)

$$L_d = h \times n \times 60 \quad (2.27)$$

Keterangan :

- a. h = umur rancangan bantalan (jam)
 - b. n = putaran spindel (rpm)
3. Hitung beban dinamis C (kN)

Bantalan-bantalan jenis berukuran relatif dari kelas-kelas bantalan inci dengan terlebih dahulu mempertimbangkan kapasitas pembawaan beban, data yang dilaporkan untuk masing-masing rancangan bantalan meliputi tingkat beban dinamis dasar (C) dan tingkat beban statis dasar (C_o) (Mott, 2009)

$$C = P_d \times \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{1/k} \quad (2.28)$$

Keterangan :

- a. P_d = beban (reaksi) terbesar pada bantalan (kN)
- b. k = 3 untuk bantalan bola
= 3,33 untuk bantalan rol

2.2.22 V-Belt

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang berbentuk trapesium. Sabuk-v dibelitkan pada keliling alur puli yang berbentuk V dan pada bagian sabuk mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesek akan mempengaruhi karena pengaruh bentuk baji yang menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah (Sularso, 2008).

1. Daya yang ditransmisikan P (kW), putaran poros n_1 (rpm), perbandingan putaran i , dan jarak sumbu poros C (mm)

Sabuk-v dibelitkan di keliling alur puli yang berbentuk v. Bagian sabuk yang membelit pada puli mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalam akan bertambah besar. Gaya gesek juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah (Sularso, 2008).

2. Faktor koreksi (f_c)

Menurut ASME anjuran mengenai faktor koreksi dengan nilai tertentu. Faktor koreksi daya yang ditranmisikan dilihat pada Tabel 2.3 (Sularso, 2008).

3. Daya rencana (kW)

Daya rencana adalah daya yang berasal dari motor listrik yang akan disalurkan melalui mesin antara *pulley* dan sabuk untuk mengetahui kinerja dari rencana (Sularso, 2008). Rumus perhitungan daya rencana dapat dilihat pada persamaan 2. 16.

4. Momen rencana (kg.mm)

Jika daya diberikan dalam daya kuda (PS), maka harus dikalikan dengan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW. Jika momen puntir (disebut juga momen rencana) adalah T (kg.mm)(Sularso, 2008). Rumus yang digunakan dalam perhitungan momen rencana dapat dilihat pada persamaan 2. 17.

5. Bahan poros dan perlakuan panas

a. Bahan poros

Bahan poros biasanya terbuat dari baja batang yang dilakukan tarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C) (Sularso, 2008). Bahan poros dapat dilihat pada Tabel 2. 1 dan Tabel 2. 2.

b. *Safety factor*

Keadaan momen puntir dalam poros dilakukan peninjauan. Menurut ASME terdapat beberapa anjuran mengenai faktor koreksi (Sularso, 2008). Penjabaran mengenai faktor koreksi dapat dilihat pada Tabel 2. 3.

c. Tegangan geser diizinkan

Tegangan geser mempunyai hubungan gaya yang menyinggung luas permukaan pada penampang tempat gaya bereaksi (Sularso, 2008). Rumus tegangan geser yang diizinkan dapat dilihat pada persamaan 2. 25.

d. Faktor tumbukan

Peninjauan keadaan momen puntir, untuk faktor koreksi yang dianjurkan oleh ASME sebesar 1,0 beban halus 1,0 sampai 1,5 jika terjadi sedikit kejutan (Sularso, 2008).

e. Faktor lenturan

Jika diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur maka dipertimbangkan faktor C_b dengan harga antara 1,2 sampai 2,3 (Sularso, 2008).

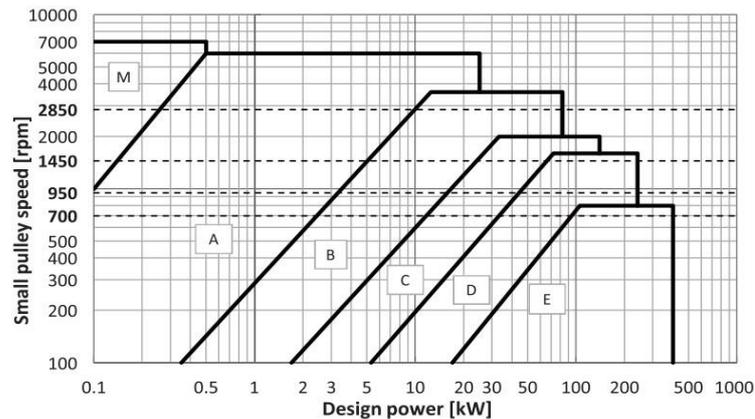
6. Perhitungan diameter poros (mm)

Perhitungan mencari momen puntir ekuivalen yang dihitung menurut tegangan geser maksimum, dan momen lentur ekuivalen diperoleh dari tegangan normal maksimum. Diameter ditentukan menganggap kedua momen dibebankan pada poros. Hasil dipilih harga diameter yang terbesar (Sularso, 2008).

$$d_{s1} = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_B} \right) \times K_t \times C_b \times T_1 \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.29)$$

7. Pemilihan penampang sabuk

Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk-V yang sesuai dapat diperoleh pada gambar penampang sabuk. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi dalam tabel faktor koreksi (Sularso, 2008).



Gambar 2. 21 Penampang v-belt (Sularso, 2008)

8. Diameter minimum puli (mm)

Diameter puli terlalu kecil akan memperpendek umur sabuk. Diameter minimum puli yang diizinkan dan dianjurkan dapat dilihat pada Gambar 2. 22 (Sularso, 2008).

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Gambar 2. 22 Diameter minimum puli yang diizinkan dan dianjurkan (Sularso, 2008)

9. Diameter lingkaran (mm)

a. Jarak bagi puli

Diameter nominal puli-V dinyatakan sebagai d_p (mm) dari suatu lingkaran di mana lebar alurnya di dalam menjadi l_o (Sularso, 2008).

$$1) d_p = \text{diameter minimum}$$

$$2) D_p = d_p \times i$$

b. Diameter luar puli

Diameter nominal puli dinyatakan sebagai d_k (mm) (Sularso, 2008).

Perhitungan yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.30 dan 2.31.

$$1) d_k = d_p + Kt \times K \quad (2.30)$$

$$2) D_k = d_p + Kt \times K \quad (2.31)$$

c. Diameter naf

Jika d_B dan D_B adalah diameter bos atau naf puli kecil dan puli besar d_{s1} dan d_{s2} adalah diameter poros penggerak dan yang digerakkan. Jika naf tidak dibuat cukup besar untuk memenuhi persamaan, ambil bahan poros yang kuat untuk mengecilkan diameter (Sularso, 2008).

$$1) \frac{5}{3} d_{s1} + 10 \text{ mm} \quad (2.32)$$

$$2) \frac{5}{3} d_{s2} + 10 \text{ mm} \quad (2.33)$$

10. Kecepatan sabuk v (m/s)

Persamaan kecepatan linier yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.34 (Sularso, 2008).

$$v = \frac{d_p \times n_1}{60 \times 1000} \quad (2.34)$$

11. Perbandingan kecepatan sabuk

Perbandingan putaran u dinyatakan dengan n_1/n_2 atau d_p/D_p karena sabuk- v biasanya dipakai untuk menurunkan putaran, maka perbandingan yang umum dipakai adalah perbandingan reduksi i ($i > 1$) (Sularso, 2008).

$$v : 30 \text{ m/s} \quad (2.35)$$

12. Perbandingan panjang keliling sabuk (mm)

Jarak sumbu poros harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter puli besar. Di dalam perdagangan terdapat berbagai macam panjang sabuk- v . Nomor nominal sabuk- v dinyatakan dalam panjang kelilingnya dalam inch (Sularso, 2008).

$$C = \frac{d_k + D_k}{2} \quad (2.36)$$

13. Pemilihan V-Belt dan kapasitas daya transmisi dari satu sabuk P_o (kW)

Setiap produsen sabuk memiliki katalog yang berisi daftar untuk memilih sabuk. Daftar kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk bila dipakai puli dengan diameter minimum yang dianjurkan (Sularso, 2008). Kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk tunggal dapat dilihat pada Gambar 2. 23.

Putaran puli kecil (rpm)	Penampang-A								Penampang-B							
	Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran				Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran			
	67mm	100mm	67mm	100mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-	118mm	150mm	118mm	150mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-
200	0,15	0,31	0,12	0,26	0,01	0,02	0,02	0,02	0,51	0,77	0,43	0,67	0,04	0,05	0,06	0,07
400	0,26	0,55	0,21	0,48	0,04	0,04	0,04	0,05	0,90	1,38	0,74	1,18	0,09	0,10	0,12	0,13
600	0,35	0,77	0,27	0,67	0,05	0,06	0,07	0,07	1,24	1,93	1,00	1,64	0,13	0,15	0,18	0,20
800	0,44	0,98	0,33	0,84	0,07	0,08	0,09	0,10	1,56	2,43	1,25	2,07	0,18	0,20	0,23	0,26
1000	0,52	1,15	0,39	1,00	0,08	0,10	0,11	0,12	1,85	2,91	1,46	2,46	0,22	0,26	0,30	0,33
1200	0,59	1,37	0,43	1,16	0,10	0,12	0,13	0,15	2,11	3,35	1,65	2,82	0,26	0,31	0,35	0,40
1400	0,66	1,54	0,48	1,31	0,12	0,13	0,15	0,18	2,35	3,75	1,83	3,14	0,31	0,36	0,41	0,46
1600	0,72	1,71	0,51	1,43	0,13	0,15	0,18	0,20	2,67	4,12	1,98	3,42	0,35	0,41	0,47	0,53

Gambar 2. 23 Kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk tunggal (Sularso, 2008)

14. Perhitungan panjang keliling L (mm)

Jarak sumbu poros dan panjang keliling sabuk berturut-turut adalah C (mm) dan L (mm) seperti pada rumus di bawah ini (Sularso, 2008).

$$L = -\frac{1}{2}(d_p + D_p) \geq C \quad (2.37)$$