

BAB III

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK ALAT PUNTIR BENANG SUTERA

Dalam perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan. Adapun beberapa persyaratan tersebut adalah *technical requirement*, *customer requirement* dan *process requirement*. *Technical requirement* meliputi : konstruksi sederhana dengan mempertimbangkan keterampilan manusia menanganinya, jenis benang yang dioperasikan, diameter kincir (reel), kemudian ringan (rangka dan bagian-bagiannya tidak terlalu besar) dengan mempertimbangkan kemampuan daya angkat manusia. Mudah dioperasikan, mudah dibongkar pasang, handal dan aman dalam penggunaannya. *Customer requirement* meliputi : dapat meminimalkan tahapan pada proses persiapan pertenunan, dapat menekan waktu proses pemuntiran/penggintiran, mudah memperoleh suku cadang, mudah perawatannya dan harga relatif murah. *Process requirement* meliputi : alat puntir benang sutera dapat diproduksi dengan menggunakan fasilitas mesin dan peralatan konvensional. Dari perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera akan diperoleh prototipe. Untuk memperoleh prototipe diperlukan beberapa langkah sebagai tahapan seperti yang tertera pada flow diagram metodologi penelitian.

3.1. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN KONSUMEN DAN PENENTUAN SPESIFIKASI PRODUK (*IDENTIFICATION COSTUMER NEEDS AND ESTABLISHING PRODUCT SPECIFICATION*)

Mengidentifikasi kebutuhan konsumen merupakan langkah pertama dalam konsep kegiatan perancangan dan pengembangan produk. Langkah ini sangat penting bagi perusahaan apabila mereka ingin agar produknya tetap dapat diterima pasar. Perancangan dan pengembangan produk dapat dimulai dari produk yang benar-benar baru atau dari produk yang sudah ada.

Identifikasi kebutuhan konsumen dilakukan agar :

- Mengetahui keinginan latent/tersembunyi dari konsumen.

- Produk yang dihasilkan terfokus pada kebutuhan konsumen.
- Mengembangkan pengertian umum dari kebutuhan konsumen agar dapat diperoleh perumusan kebutuhan konsumen dalam bahasa teknik.

3.1.1. Langkah-langkah Dalam Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen

3.1.1.1. Pernyataan Misi (*Mission Statement*)

Mendefinisikan skope dari usaha dalam bentuk pernyataan misi (*mission statement*) yang akan memberikan informasi mengenai tujuan dari usaha, adanya peluang pasar, dan besarnya kendala yang dihadapi (tabel 3.1).

Tabel 3.1. Pernyataan misi

Pernyataan misi : Alat puntir benang sutera	
Gambaran produk	Kuat, ringan, mudah dipindahkan, mudah dioperasikan dan mudah perawatannya.
Target akhir usaha	Alat puntir benang sutera akan diproduksi pada pertengahan tahun 2007, margin profit 20 %
Pasar utama	Petenun ATBM dan Gedogan, pengusaha/perajin pertenunan sutera.
Pasar kedua	Balai-balai tekstil dilingkungan Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
Asumsi	Menggunakan dinamo listrik, kapasitas cukup besar, material konstruksi besi dan kayu
Penyangga usaha	Pengguna langsung, koperasi tenun, distributor.

3.1.1.2. Data Konsumen

Mengumpulkan data dari konsumen yang dirangkum dalam bentuk pernyataan konsumen, yang selanjutnya ditafsirkan sebagai kebutuhan konsumen. Hasil dari langkah ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kebutuhan konsumen

Pernyataan	Pernyataan kebutuhan konsumen	Penafsiran dari pernyataan kebutuhan konsumen
Ciri pengguna	<p>Saya ingin :</p> <p>Proses persiapan pertenenan yang tidak terlalu banyak tahapan</p> <p>Proses persiapan pertenenan dengan sedikit tenaga kerja</p>	<p>Alat puntir benang sutera yang dibutuhkan bersifat penggabungan antara <i>twist</i> dan <i>re-reeling</i></p> <p>Alat puntir benang sutera dapat dioperasikan cukup dengan sedikit operator</p>
Alat yang diinginkan	<p>Saya ingin :</p> <p>Alat puntir benang yang ringan</p> <p>Alat puntir benang yang berkonstruksi kecil</p> <p>Alat puntir benang yang berkonstruksi sederhana</p> <p>Alat puntir benang yang berkapasitas kerja cukup besar</p>	<p>Berat alat puntir benang sutera disesuaikan dengan daya angkat manusia</p> <p>Dimensi alat puntir benang sutera disesuaikan dengan ukuran fisik manusia, diameter kincir (reel) dan dimensi dinamo listriknya</p> <p>Konstruksi alat puntir benang sutera dibuat sederhana agar lebih mudah untuk dipindahkan apabila diinginkan.</p> <p>Alat puntir benang sutera dirancang berkapasitas lebih besar dari alat puntir benang sutera yang masih tradisional.</p>

	<p>Alat puntir benang yang kuat</p> <p>Alat puntir benang yang mudah dioperasikan</p> <p>Alat puntir benang yang berpenampilan menarik</p> <p>Alat puntir benang yang mudah perawatannya</p> <p>Alat puntir benang yang komponen-komponennya dapat diperoleh di pasaran</p> <p>Alat puntir benang yang harganya terjangkau</p>	<p>Konstruksi alat puntir benang sutera dibuat dari besi dan kayu, dengan pelapisan secukupnya untuk ketahanan terhadap korosif.</p> <p>Operator dengan skill rendah dapat mengoperasikan alat puntir benang sutera.</p> <p>Alat puntir benang sutera dilapisi dengan cat berwarna</p> <p>Alat puntir benang sutera mudah dibongkar pasang dengan peralatan yang ada</p> <p>Disediakan komponen di pasaran sebagai suku cadang</p> <p>Harga alat puntir benang sutera disesuaikan dengan kemampuan daya beli petenun.</p>
Alat yang tidak diinginkan	<p>Saya tidak ingin :</p> <p>Alat puntir benang yang dapat membahayakan pengguna</p>	<p>Alat puntir benang sutera akan dilengkapi dengan komponen pengaman</p>

	Alat puntir benang yang melelahkan pengguna Alat puntir benang untuk semua jenis benang.	Alat puntir benang sutera dirancang dengan cara kerja yang tidak kontinyu Alat puntir benang sutera dirancang untuk nomor benang sutera saja.
Peningkatan alat yang disarankan	Saya ingin : Alat puntir benang dimana benangnya mudah dilepas dari kincir (<i>reel</i>) penggulung benang. Alat puntir benang yang dapat mengetahui banyaknya gulungan benang pada kincir.	Alat puntir benang sutera akan dirancang supaya benang hasil pemuntiran mudah dilepas dari kincir penggulung benang. Alat puntir benang sutera akan dilengkapi dengan pencatat banyaknya gulungan benang.

3.2. MENYUSUN KEBUTUHAN KONSUMEN KE DALAM BENTUK HIRARKI

Untuk dapat menyusun hirarki maka terlebih dahulu ditentukan tingkat kepentingan relatif terhadap masing-masing kebutuhan konsumen, baik yang merupakan kebutuhan primer maupun kebutuhan sekunder. Dalam hal ini digunakan skala tingkat kepentingan (*rating*) dari karakteristik-karakteristiknya. Skala tingkat kepentingan ditetapkan dari 1 s/d 5, tabel 3.3.

Tabel 3.3. Tingkat kepentingan dari beberapa karakteristik

1	Karakteristik ini tidak diinginkan, saya tidak akan mempertimbangkan produk dengan karakteristik ini.
2	Karakteristik ini tidak penting, dan saya tidak berfikir untuk memilikinya
3	Karakteristik ini bagus untuk dimiliki, tetapi tidak terlalu perlu

4	Karakteristik ini sangat diinginkan, tetapi saya akan mempertimbangkan produk tanpa karakteristik ini
5	Karakteristik ini sangat penting, saya tidak akan mempertimbangkan produk tanpa karakteristik ini

3.2.1. Penentuan Spesifikasi Produk (*Establishing Product*)

Dari hasil identifikasi kebutuhan konsumen, juga dengan pertimbangan dari beberapa informasi cara persiapan pertenunan sutera yang ada, baik dengan cara tradisional maupun dengan menggunakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM), maka dapat ditarik kesimpulan bahwa cara persiapan pertenunan sutera yang dikehendaki khususnya pada persiapan benang sutera adalah dengan cara mekanis yaitu menggunakan alat puntir benang sutera. Dari data-data yang telah diperoleh dapat digunakan sebagai ketentuan atau acuan dalam perancangan dan pengembangan alat puntir benang sutera. Untuk itu terlebih dahulu disusun suatu daftar kebutuhan konsumen berdasarkan pada tingkat kepentingan secara relatif (tabel 3.4) serta disusun pula daftar pernyataan ukuran (*list of metric*) dari kebutuhan konsumen (tabel 3.5)

Tabel 3.4. Hubungan antara tingkat kepentingan dan kebutuhan konsumen terhadap alat puntir benang sutera (Apbs)

No	Alat	Kebutuhan	Penting
1	Apbs	Dapat mengurangi tahapan kerja	5
2	Apbs	Dapat mengurangi tenaga kerja	4
3	Apbs	Bobot ringan	5
4	Apbs	Konstruksi kecil	2
5	Apbs	Konstruksi sederhana	2
6	Apbs	Kapasitas kerja cukup besar	5
7	Apbs	Konstruksi kuat	4
8	Apbs	Mudah dioperasikan	4
9	Apbs	Bentuk menarik	1
10	Apbs	Mudah dirawat	5
11	Apbs	Komponen mudah diperoleh	4
12	Apbs	Harga dapat dijangkau	3

13	Apbs	Tidak membahayakan	5
14	Apbs	Tidak melelahkan	4
15	Apbs	Khusus untuk nomor benang sutera	3
16	Apbs	Benang hasil pemuntiran mudah dilepas dari kincir	5
17	Apbs	Dapat mengetahui jumlah gulungan benang pada kincir	3

Tabel 3.5. Daftar ukuran (metric) dan hubungan tingkat kepentingan dan satuan

No. Metric	No. Kebutuhan	Metric	Tingkat penting	Satuan
1	1,16	Waktu	5,5	Jam
2	2	Operator	4	Orang
3	3,4,5	Berat	5,2,2	Kg
4	3,4,5	Volume	5,2,2	M ³
5	6,17	Jumlah benang yang dapat digintir dan digulung kembali	5,3	Kg
6	7	Umur pemakaian	4	Tahun
7	8,10,11	Sederhana	4,5,4	Subj.
8	9	Tampilan	1	Subj.
9	12	Biaya produksi	3	RP.
10	13	Sesuai dengan standar pengujian	5	SNI
11	14	Energi	4	Joule
12	15	Kemampuan secara fungsional	3	Subj.

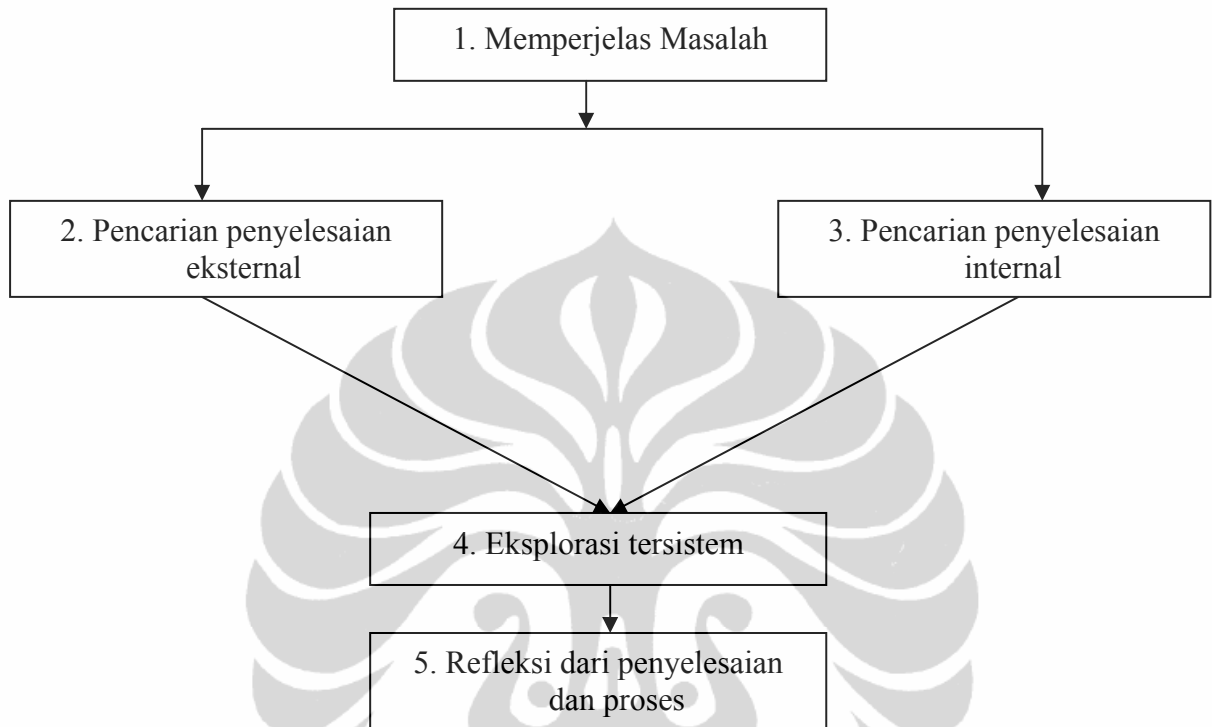
Tabel 3.6. *The Needs-Metric Matrix*

KEBUTUHAN		METRIC											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Waktu	Operator	Berat	Volume	Jumlah benang yang dapat digintir dan digulung kembali	Umur pemakaian	Sederhana	Tampilan	Biaya produksi	Sesuai dengan standar pengujian	Energi	Kemampuan secara fungsional
1	Dapat mengurangi tahapan kerja	X											
2	Dapat mengurangi jumlah tenaga kerja		X										
3	Bobot ringan			X	X								
4	Konstruksi kecil			X	X								
5	Konstruksi sederhana			X	X								
6	Kapasitas kerja cukup besar					X							
7	Konstruksi kuat						X						
8	Mudah dioperasikan							X					
9	Bentuk menarik								X				
10	Mudah dirawat							X					
11	Komponen mudah diperoleh							X					
12	Harga dapat dijangkau									X			
13	Tidak membahayakan										X		
14	Tidak melelahkan											X	
15	Khusus untuk nomor benang sutera												X
16	Benang hasil pemuntiran mudah dilepas dari kincir	X											
17	Dapat mengetahui jumlah gulungan benang pada kincir (<i>reel</i>)					X							

Selanjutnya tabel 3.4 dan tabel 3.5 digabung menjadi suatu matrik ukuran-kebutuhan (*needs-metric matrix*), yaitu suatu matrik yang menggambarkan bahwa semua kebutuhan konsumen atas alat puntir benang sutera telah dipertimbangkan dalam penentuan spesifikasi (tabel 3.6)

3.2.2. Penyusunan Konsep Rancangan Produk (*Generate Product Concept*)

Proses perancangan alat puntir benang sutera dilakukan berdasarkan kebutuhan konsumen dan spesifikasi produk yang telah ditentukan. Untuk melaksanakan proses ini diperlukan lima tahapan seperti gambar di bawah :



Gambar 3.1. Tahapan penyusunan konsep rancangan produk [3]

3.2.2.1. Memperjelas Masalah

Memperjelas masalah adalah merupakan inventarisasi masalah utama dalam proses perancangan alat puntir benang sutera. Permasalahan tersebut antara lain berkaitan dengan fungsi dan estetika dari alat puntir benang sutera.

3.2.2.2. Pencarian Penyelesaian Secara Eksternal

Sumber penyelesaian secara eksternal dari masalah perancangan alat puntir benang sutera dapat diperoleh dari beberapa sumber antara lain :

- Pengguna utama yaitu petenun sutera.
- Tenaga ahli mesin-mesin pertenunan yang meliputi ahli material, mekanik, konversi energi dan konstruksi.
- Jurnal, patent, literatur dan merek dagang.

Selanjutnya berdasarkan informasi tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa seberapa besar tingkat animo dari konsumen, tingkat kesulitan dalam proses perancangan dan pengembangan dari alat puntir benang sutera tersebut.

3.2.2.3. Pencarian Penyelesaian Secara Internal

Penyelesaian secara internal dalam masalah perancangan alat puntir benang sutera yaitu dengan cara melakukan telaah terhadap individu maupun kelompok yang terlibat dalam proses perancangan dan pengembangan produk, sesuai dengan tugas yang diberikan. Dari kajian ini dapat diperoleh konsep-konsep baru dalam perancangan dan pengembangannya.

3.2.2.4. Eksplorasi Tersistem

Untuk mengeksplorasi konsep perancangan alat puntir benang sutera secara tersistem dapat dilakukan melalui analisa pohon klasifikasi atau tabel kombinasi.

3.2.2.5. Refleksi Dari Penyelesaian Dan Proses

Langkah terakhir dalam proses perancangan alat puntir benang sutera adalah refleksi yaitu merupakan umpan balik secara konstruktif dari konsep-konsep sebelumnya. Hasil dari proses refleksi ini adalah munculnya rancangan yang dianggap handal.

Setelah melalui kelima tahapan tersebut di atas, maka diperoleh empat buah konsep rancangan produk alat puntir benang sutera seperti terlihat pada :

Gambar 3.2. (1/4, 2/4, 3/4 dan 4/4).

3.3. PEMILIHAN KONSEP RANCANGAN PRODUK (SELECT A PRODUCT CONCEPT)

Proses pemilihan konsep dilakukan melalui dua tahap, yaitu : tahap penyaringan konsep (*concept screening*) dan tahap penilaian konsep (*concept scoring*). *Concept screening* adalah proses pemilihan konsep untuk mendapatkan beberapa alternatif yang diperkirakan dapat dikembangkan lebih lanjut. Dalam tahap ini beberapa konsep dievaluasi terhadap satu konsep yang telah dipilih sebagai acuan.

Tabel 3.7. Matrik penyaringan konsep

Kriteria pemilihan	Konsep-konsep			
	A	B	C	D
	Gambar: 1/4 (Acuan)	Gambar: 2/4	Gambar: 3/4	Gambar: 4/4
Mudah ditangani	0	-	0	-
Tahan lama	0	-	0	-
Mudah dibuat	0	-	0	-
Mudah dipindahkan	0	+	0	+
Gulungan Benang Sutera mudah dilepas	0	0	+	+
Ringan	0	-	0	-
Dapat mengetahui jumlah gulungan benang sutera	0	0	0	0
Mudah dirawat	0	-	0	-
Tidak membahayakan	0	-	0	-
Jumlah (+)	0	1	1	2
Jumlah (0)	9	2	8	1
Jumlah (-)	0	6	0	6
Total score	0	-5	1	-4
Rangking	2	4	1	3
Diteruskan ?	Ya	Tidak	Ya	Tidak

Dari tabel 3.7. menyatakan bahwa konsep C menduduki rangking 1 dengan total score 1, sehingga konsep C layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Concept scoring digunakan untuk mempertegas perbedaan diantara konsep-konsep yang akan dibandingkan. Pada tahap ini dilakukan pembobotan pada tingkat kepentingan relatif dari kriteria pemilihan dan difokuskan pada perbandingan yang lebih teliti terhadap masing-masing kriteria. Pada tahap ini pula ditentukan skala *rating* yang akan dipakai dalam menentukan skor bobot dari masing-masing kriteria pemilihan. Skala rating ditentukan dari 1 sampai dengan 5 seperti terlihat pada tabel.

Tabel 3.8. Skala rating

<i>Relative performance</i>	<i>Rating</i>
Sangat lebih jelek dari konsep acuan	1
Lebih jelek dari konsep acuan	2
Sama dengan konsep acuan	3
Lebih baik dari konsep acuan	4
Sangat lebih baik dari konsep acuan	5

Skor dari masing-masing konsep ditentukan dengan menjumlahkan masing-masing skor bobot dari tiap-tiap kriteria. Konsep yang mempunyai nilai skor yang tertinggi adalah konsep yang layak untuk diteruskan proses pengembangannya.

Tabel 3.9. Matrik penilaian konsep

Kriteria pemilihan	Bobot	Konsep-konsep			
		A		C	
		Gambar 1/4		Gambar 3/4	
		Rating	Nilai bobot	Rating	Nilai bobot
Mudah ditangani	12,5 %	3,0	0,375	3,0	0,375
Tahan lama	10,0 %	3,0	0,3	3,0	0,3
Mudah dibuat	7,5 %	3,0	0.225	2,0	0,15
Mudah dipindahkan	7,5 %	3,0	0.225	3,0	0.225
Gulungan Benang Sutera mudah dilepas	12,5 %	3,0	0,375	4,0	0,5
Ringan	12,5 %	3,0	0,375	3,0	0,375

Dapat mengetahui jumlah gulungan benang sutera	12,5 %	3,0	0,375	3,0	0,375
Mudah dirawat	12,5 %	3,0	0,375	3,0	0,375
Tidak membahayakan	12,5 %	3,0	0,375	3,0	0,375
Total score			3,0		3,05
Rangking			2		1
Diteruskan ?			Tidak		Ya

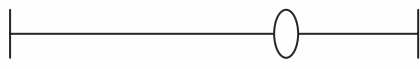
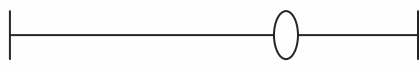
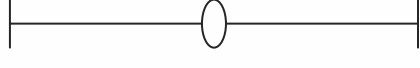
Dari tabel 3.9., konsep C merupakan konsep yang pengembangannya layak untuk dilanjutkan, hal ini mengingat bahwa konsep C lebih dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Dikatakan demikian karena gulungan benang pada kincir (*reel*) lebih mudah dilepas dibandingkan dengan konsep A.

3.4. ERGONOMIK DAN ESTETIKA

Ergonomik dan estetika merupakan komponen dari desain industri. Kesuksesan komersial baik untuk produk yang digunakan, dioperasikan maupun dilihat semua sangat tergantung pada desain industrinya. Bahkan kebanyakan produk di pasaran sering disempurnakan melalui desain industri.

Tabel 3.10. Penilaian tingkat kepentingan desain industri dari alat puntir benang sutera

Kebutuhan- kebutuhan	Tingkat kepentingan			Penjelasan peringkat
	Rendah	Menengah	Tinggi	
Ergonomik Kemudahan pemakaian				Alat harus mudah dioperasikan
Kemudahan perawatan				Konstruksi sederhana, hanya sedikit perawatan
Kuantitas interaksi pemakai				Pada saat alat beroperasi, cukup banyak interaksi antara pemakai dan alat.
Pembauran interaksi pemakai				Penggantian komponen hanya dilakukan bilamana diperlukan
Keamanan				Faktor keselamatan pemakai perlu diperhatikan

Estetika Diferensiasi produk		Secara fisik bentuk alat ini unik dan <i>simple</i>
Gengsi kepemilikan, mode atau kesan		Alat puntir benang sutera tampak kokoh dan kuat
Motivasi perancang		Penyempurnaan baik bentuk maupun kinerja alat merupakan inspirasi penting untuk meningkatkan daya saing

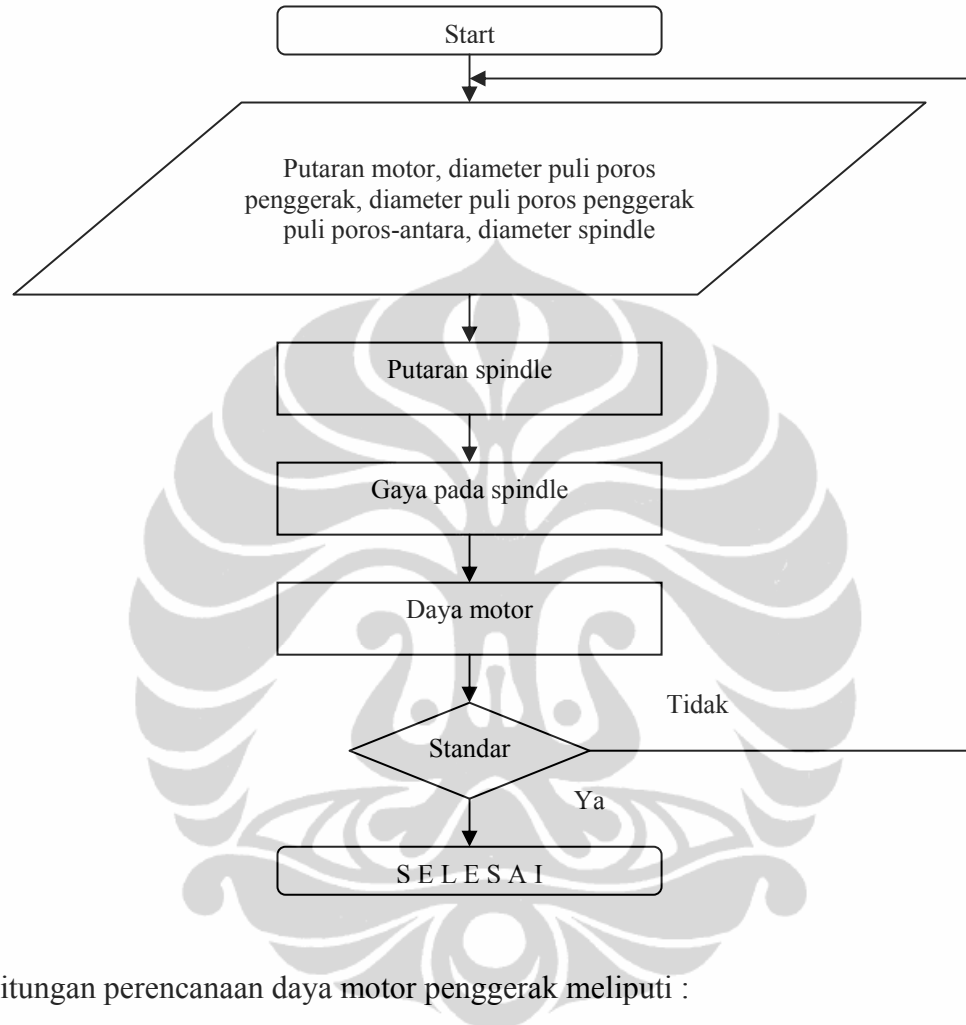
Untuk memenuhi persyaratan ergonomik dan estetika yang dimaksud maka perlu dibuat analisa penilaian tingkat kepentingan desain industri untuk alat puntir benang sutera seperti tabel 3.10.

Dalam perancangan yang berskala industri maka perlu dibuat suatu prototipe alat puntir benang sutera yang akan dikembangkan lebih lanjut yaitu sesuai dengan kriteria yang telah terpilih. Adapun gambar prototipe yang telah terpilih adalah seperti gambar 3/4 (terlampir).

3.5. PERHITUNGAN PERENCANAAN

3.5.1. Perhitungan Perencanaan Daya Motor Penggerak

Diagram alir perhitungan perencanaan daya motor penggerak

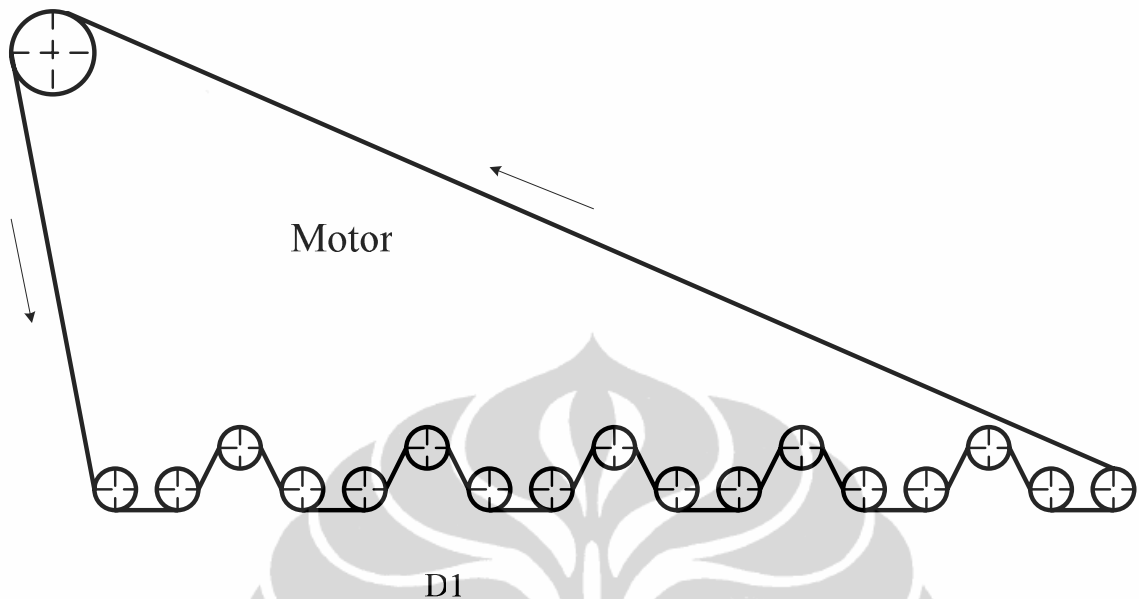


Perhitungan perencanaan daya motor penggerak meliputi :

1. Putaran spindle

Transmisi daya motor menggunakan V belt (sabuk V) dan flat belt (sabuk datar).

- Putaran poros dari motor penggerak : 1420 rpm (n_1)
- Diameter puli poros motor penggerak : 125 mm (D_1)
- Diameter spindle : 24 mm (D_2)
- Diameter puli penggerak puli poros-antara : 40 mm (D_3)



Gambar 3.3. Sistem transmisi antara poros motor dan spindle

$$V_1 = (\pi \cdot D_1 \cdot n_1) / (60 \cdot 1000) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$= 9,289 \text{ m/det}$$

$$D_1 \cdot n_1 = D_2 \cdot n_2 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$n_2 = 7395 \text{ rpm}$$

2. Gaya pada spindle

Direncanakan 12 buah spindle dengan berat satu spindle 220 gr.

$$F_{sd} = z_{sd} \cdot m_{sd} \cdot (V_{sd} / t) \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana : $V_{sd} = \frac{\pi D_2 n_2}{60 \cdot 1000 \cdot t}$

t = 1,0 detik

Sehingga diperoleh $F_{sd} = 24,521 \text{ N}$

3. Daya motor

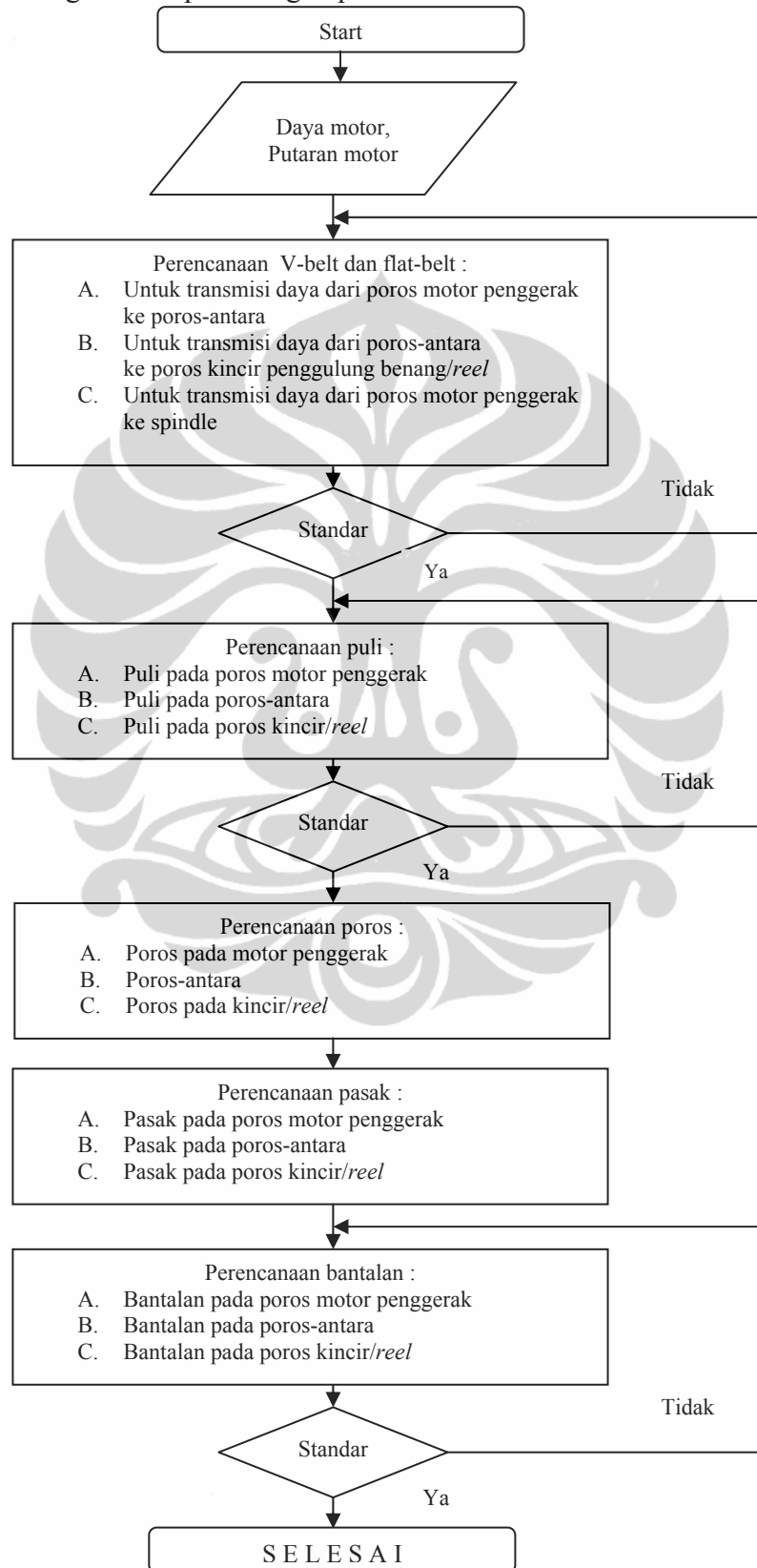
$$P_{motor} = F_{sd} \cdot fc \cdot V_1 \dots\dots\dots(3.4)$$

fc = faktor koreksi 1,3 (jumlah jam kerja tiap hari 8 – 10 jam, penggerak motor arus bolak-balik dengan variasi beban kecil [4].

$$P_{motor} = 296, 108 \text{ watt} \approx 2/5 \text{ Hp (1 HP = 0,735 kWatt)}$$

3.5.2. Perhitungan Perencanaan Sistim Transmisi

Diagram alir perhitungan perencanaan sistim transmisi



3.5.2.1. Perhitungan Perencanaan V-belt Dan Flat-belt

3.5.2.1.1. Untuk Transmisi Dari Puli Motor Penggerak Ke Puli Poros-Antara

Data-data yang diketahui sebagai berikut :

Daya motor listrik $P_{motor} = 0,296$ kWatt, putaran poros motor penggerak (n_1) = 1420 rpm, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Pemilihan tipe V belt

Berdasarkan data-data di atas yaitu, daya motor dan putaran poros motor penggerak diperoleh tipe V belt yang sesuai yaitu tipe A, dari gambar 5.3 Diagram pemilihan sabuk-V [4].

2. Pemilihan diameter puli

Diameter lingkaran jarak-bagi puli penggerak puli poros-antara/puli kecil (dp) = 40 mm, diameter luar puli penggerak (dk).

$$dk = dp + 2c \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana : $e = 12,5$ mm; $c = 3,5$ mm; $t = 16$ mm; $s = 10$ mm; $\phi = 40^\circ$

sehingga diperoleh : $dk = 47$ mm

Diameter lingkaran jarak-bagi puli besar (Dp)

Untuk menentukan diameter puli besar maka perbandingan putaran harus diketahui :

Twist per-meter = Putaran spindle dibagi dengan kecepatan keliling kincir penggulung benang (*reel*) [6].

$$T_{pm} = \frac{n_2}{3 \cdot D_{kincir} \cdot n_{kincir}} \dots\dots\dots(3.6)$$

direncanakan benang sutera yang akan dipuntir/digintir (*di-twist*) pada alat ini 150 Twist per-meter, dengan diameter kincir penggulung benang sutera 450 mm.

maka : $n_{kincir} = 36,5$ rpm.

sehingga perbandingan putaran/perbandingan reduksi (i), adalah :

$$i = n_{motor} / n_{kincir} \dots\dots\dots(3.7)$$

$i = 39,0$ oleh karena perbandingan reduksi terlalu besar maka diperlukan poros-antara, sehingga :

$$i = i_1 \cdot i_2 \dots\dots\dots(3.8)$$

diambil : $i_1 = 6,67$, maka diperoleh diameter lingkaran jarak-bagi puli besar (D_p) sebagai berikut :

$$D_p = d_p \cdot i_1 \dots\dots\dots(3.9)$$

$$= 270 \text{ mm}$$

diameter luar puli besar (D_k)

$$D_k = D_p + 2c \dots\dots\dots(3.10)$$

$$= 277 \text{ mm}$$

3. Kecepatan sabuk (V belt)

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \text{ m/det} \dots\dots\dots(3.11)$$

$$= 2,975 \text{ m/det}$$

4. Perhitungan jarak sumbu poros

Jarak sumbu poros dianjurkan $(1,5 - 2) D_k$

$$C = (1,5 - 2) \cdot D_k \dots\dots\dots(3.12)$$

$$= 415 \text{ mm}$$

5. Perhitungan panjang keliling V belt

$$L = 2C + \pi/2 (d_p + D_p) + \{1/(4C)\} (D_p - d_p)^2 \dots\dots\dots(3.13)$$

$$= 1318,567 \text{ mm}$$

Dari tabel 5.3 (b) hal. 168 panjang sabuk V standar, maka Nominal 1321 mm [4].

6. Perhitungan jarak sumbu poros sebenarnya

$$C = \frac{b + \{b^2 - 8 (D_p - d_p)^2\}^{1/2}}{8} \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana : $b = 2L - 3,14 (D_p + d_p) = 1668,6 \text{ mm}$, maka diperoleh $C = 400 \text{ mm}$

7. Daerah penyetelan jarak sumbu poros

Dilihat dari panjang keliling sabuk yaitu 1321 mm berada pada rentang (970 – 1500 mm) serta Nomor nominal sabuk 38 – 60, maka daerah penyetelan sabuk $\Delta C_i = 20$ (ke sebelah dalam), $\Delta C_t = 40$ (ke sebelah luar), maka jarak sumbu poros [4]:

$$C = 400 \text{ mm} \begin{matrix} +40 \\ -20 \end{matrix} \dots\dots\dots(3.15)$$

8. Sudut kontak pada puli

$$\theta = 180^\circ - \frac{D_p - d_p}{C} \cdot 57 \dots\dots\dots(3.16)$$

$$= 147^\circ$$

9. Gaya keliling yang bekerja pada puli (P)

$$P = (P_{motor} \cdot 102) / V \dots\dots\dots(3.17)$$

$$= 10,158 \text{ N}$$

10. Luas penampang V-belt

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} ; ZF = \frac{P}{K} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$K = 2 \cdot \phi \cdot \sigma_o$$

dimana :

ZF = luas penampang V-belt total (cm²), P = gaya keliling, K= tegangan akibat tarikan belt, φ = faktor tarikan (φ_o= φ = 0,7), σ_o = untuk v-belt 12 kg/ cm² [7]., Maka : K = 16,8 kg/ cm²

Sehingga luas penampang sabuk total :

$$ZF = 0,637 \text{ cm}^2$$

11. Jumlah V-belt yang digunakan

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$K = K_o \cdot C_v \cdot C_\alpha \dots\dots\dots(3.20)$$

$$K_o = a - w \cdot h / d_p \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana luas penampang satu sabuk adalah 0,8 cm²; Z = jumlah v-belt (buah); P = gaya keliling, K_o = koefisien kontak antara belt dan puli, C_v = faktor kecepatan, C_α = faktor sudut kontak, h = tinggi v-belt tipe A = 8 mm, a = 25; w = 120 tabel 23 hal. 226 [7]. Sehingga diperoleh : K_o = 16,158 kg/cm²

Menentukan harga C_v dari tabel 26 hal. 246 [7], dari kecepatan 2,972 m/det untuk v-belt maka C_v = 1,045 ; sedangkan untuk menentukan harga C_α dari tabel 27 hal. 246 pada sudut kontak 147°.

α	140	147	160
C _α – V belt	0,90	C _α ?	0,96

Dengan interpolasi didapat : $C\alpha = 0,921$
 Maka : $K = 16,680 \text{ kg/cm}^2$

Sehingga :

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} = 0,761 \approx 1 \text{ buah}$$

Jadi jumlah v-belt diambil 1 buah

12. Tegangan max. yang terjadi pada V-belt

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \frac{P}{2 \cdot Z \cdot F} + \frac{\gamma \cdot V^2}{10 \cdot g} + E_b \cdot \frac{h}{dp} \dots\dots\dots(3.22)$$

dimana :

σ_{\max} = tegangan max. V belt (N/cm^2), σ_o = tegangan awal pada v belt $117,72 \text{ N/cm}^2$, γ = berat jenis v belt untuk solid woven ($0,75 - 1,05 \text{ kg/dm}^3$, tabel 22 hal. 222), g = gravitasi bumi $9,81 \text{ m/det}^2$, E_b = Modulus Elastis ($300 - 600 \text{ kg/cm}^2$, tabel 22 hal. 222); sehingga diperoleh :

$$\sigma_{\max} = 712,735 \text{ N/cm}^2$$

13. Umur V belt

$$H = \frac{N \text{ base}}{3600 \cdot U \cdot X} \cdot \left\{ \frac{\sigma_{\text{tat}}}{\sigma_{\max}} \right\}^m \dots\dots\dots(3.23)$$

dimana :

H = umur v belt, $N \text{ base}$ = fatigue test asumsi 10^7 ; σ_{tat} = tegangan kelelahan ditentukan dari tanda kelelahan rata-rata = $882,9 \text{ N/cm}^2$, $m = 8$, X = jumlah puli 2 buah [7].

$$U = \text{number of turns of the belt per second} = V / L \dots\dots\dots(3.24)$$

$U = 2,249 \text{ siklus / det.}$

Maka diperoleh :

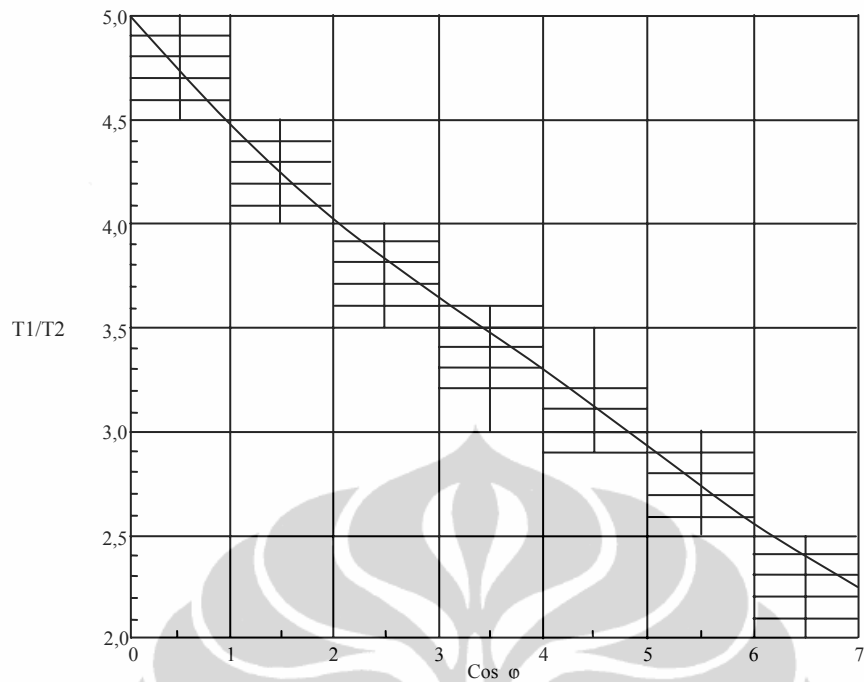
$$H = 3424 \text{ jam} = 142,6 \text{ hari (diperkirakan 4 bulan)}$$

14. Beban yang bekerja akibat tegangan V-belt

$$\cos \varphi = \frac{D_p - dp}{2C} \dots\dots\dots(3.25)$$

$$= 0,287$$

Dari gambar 6-3 hal. 294 hubungan antara sudut φ dan $T1/T2$ dapat dicari [8] :



Gambar 3.4. Grafik hubungan antara sudut dan tegangan

$$T_1 / T_2 = 4,8 \rightarrow T_1 = 4,8 T_2$$

Gaya pada sabuk :

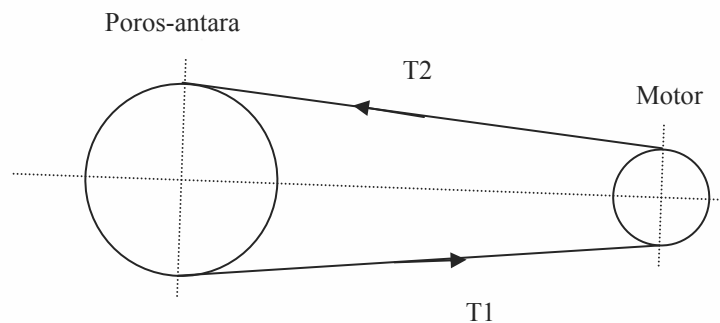
$$P_{\text{Motor}} = \frac{T_1 - T_2}{102} \cdot V_{\text{belt}} \dots\dots\dots(3.26)$$

$$T_2 = 2,673 \text{ N dan } T_1 = 12,830 \text{ N}$$

Gaya yang bekerja pada poros :

$$R_1 = T_1 + T_2 \dots\dots\dots(3.27)$$

$$= 15, 503 \text{ N}$$



Gambar 3.5. Sistem transmisi antara poros motor dan poros-antara

15. Berat V-belt

$$Wb_1 = Z \cdot (L \cdot F) \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots(3.28)$$

dimana : $Z = 1$ buah, $L = 1321 \text{ mm} = 132,1 \text{ cm}$, $F = 0,8 \text{ cm}^2$, $\gamma = 0,75 \text{ kg/dm}^3 = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ [8] ; maka diperoleh : $Wb_1 = 0,079 \text{ kg}$

3.5.2.1.2. Untuk Transmisi Dari Puli Poros-Antara Ke Puli Poros Kincir Penggulung Benang.

Data-data yang diketahui sebagai berikut :

Daya motor listrik $P_{\text{motor}} = 0,296 \text{ kWatt}$, putaran poros motor penggerak (n_1) = 1420 rpm, perbandingan reduksi (i_1) = 6,67, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Putaran poros-antara :

$$i_1 = n_1 / n_4 \quad \dots\dots\dots(3.29)$$

maka diperoleh : $n_4 = 212 \text{ rpm}$

1. Pemilihan tipe V belt

Berdasarkan data-data di atas yaitu, daya motor dan putaran poros-antara diperoleh tipe V belt yang sesuai yaitu tipe B, dari gambar 5.3 Diagram pemilihan sabuk-V [4], dan dari tabel 23 hal. 226 didapat : $F = 1,4 \text{ cm}^2$, $e = 16 \text{ mm}$, $c = 5 \text{ mm}$, $t = 20 \text{ mm}$, $s = 12,5 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$ [4].

2. Pemilihan diameter puli pada poros-antara

Dari V belt tipe B diameter lingkaran jarak-bagi puli poros-antara/puli kecil direncanakan (d_{pa}) = 75 mm, diameter luar puli (d_{ka}).

$$d_{ka} = d_{pa} + 2c = 85 \text{ mm},$$

Diameter lingkaran jarak bagi puli besar (D_{pa})

$$D_{pa} = d_{pa} \cdot i_2 = 450 \text{ mm}, \text{ dan diameter luar puli besar } D_{ka} = D_{pa} + 2c = 460 \text{ mm}$$

3. Kecepatan sabuk (V belt)

$$V = \frac{\pi \cdot d_{pa} \cdot n_4}{60 \cdot 1000} \text{ m/det}$$

$$= 0,832 \text{ m/det}$$

4. Perhitungan jarak sumbu poros

Jarak sumbu poros dianjurkan $(1,5 - 2) D_{ka}$

$$C = (1,5 - 2) \cdot D_{ka}$$

$$= 690 \text{ mm}$$

5. Perhitungan panjang keliling V belt

$$L = 2C + \pi/2 (d_{pa} + D_{pa}) + \{1/(4C)\} (D_{pa} - d_{pa})^2$$
$$= 1640 \text{ mm}$$

Dari tabel 5.3 (b) hal. 168 panjang sabuk V standar, maka Nominal 1651 mm

6. Perhitungan jarak sumbu poros sebenarnya

$$C = \frac{b + \{b^2 - 8(D_{pa} - d_{pa})^2\}^{1/2}}{8}$$

Dimana : $b = 2L - 3,14 (D_{pa} + d_{pa}) = 1653,5 \text{ mm}$, maka diperoleh $C = 400 \text{ mm}$

7. Daerah penyetelan jarak sumbu poros

Dilihat dari panjang keliling sabuk yaitu 1651 mm berada pada rentang (1500 – 2200 mm) serta Nomor nominal sabuk 60 – 90, maka daerah penyetelan sabuk $\Delta C_i = 35$ (ke sebelah dalam), $\Delta C_t = 50$ (ke sebelah luar), maka jarak sumbu poros :

$$C = 400 \text{ mm} \begin{matrix} +50 \\ -35 \end{matrix}$$

8. Sudut kontak pada puli

$$\theta = 180^\circ - \frac{D_{pa} - d_{pa}}{C} \cdot 57$$
$$= 126,562^\circ$$

9. Gaya keliling yang bekerja pada puli

$$P = (P_{\text{motor}} \cdot 102) / V$$
$$= 36,288 \text{ N}$$

10. Luas penampang V-belt

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} ; ZF = \frac{P}{K}$$

$$K = 2 \cdot \varphi \cdot \sigma_0$$

dimana :

ZF = luas penampang V-belt total (cm^2), P = gaya keliling, K = tegangan akibat tarikan belt, φ = faktor tarikan ($\varphi_0 = \varphi = 0,7$), σ_0 = untuk v-belt 12 kg/cm^2

Maka : $K = 16,8 \text{ kg/cm}^2$

Sehingga luas penampang sabuk total :

$$ZF = 2,16 \text{ cm}^2$$

11. Jumlah V-belt yang digunakan

$$Z = \frac{P}{K \cdot F}$$

$$K = K_o \cdot C_v \cdot C_\alpha$$

$$K_o = a - w \cdot h / dpa$$

Dimana luas penampang satu sabuk adalah $1,4 \text{ cm}^2$; Z = jumlah v-belt (buah); P = gaya keliling, K_o = koefisien kontak antara belt dan puli, C_v = faktor kecepatan, C_α = faktor sudut kontak, h = tinggi v-belt tipe A = 11 mm, $a = 28$; $w = 180$ (tabel 23 hal. 226).

Sehingga diperoleh : $K_o = 25,293 \text{ kg/cm}^2$

Menentukan harga C_v dari tabel 26 hal. 246 dari kecepatan $0,832 \text{ m/det}$ untuk v-belt maka $C_v = 1,05$; sedangkan untuk menentukan harga C_α dari tabel 27 hal. 246 pada sudut kontak $126,56^\circ$.

α	120	126,56	140
$C_\alpha - \text{V belt}$	0,83	$C_\alpha ?$	0,90

Dengan interpolasi didapat : $C_\alpha = 0,853$

Maka : $K = 22,92 \text{ kg/cm}^2$

Sehingga :

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} = 1,13 \approx 1 \text{ buah}$$

Jadi jumlah v-belt diambil 1 buah

12. Tegangan max. yang terjadi pada V-belt

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \frac{P}{2 \cdot Z \cdot F} + \frac{\gamma \cdot V^2}{10 \cdot g} + E_b \cdot \frac{h}{dpa}$$

dimana :

σ_{\max} = tegangan max. V belt (N/cm^2), σ_o = tegangan awal pada v belt $117,72 \text{ N/cm}^2$, γ = berat jenis v belt untuk solid woven ($0,75 - 1,05 \text{ kg/dm}^3$, tabel 22 hal. 222), g = gravitasi bumi $9,81 \text{ m/det}^2$, E_b = Modulus Elastis ($300 - 600 \text{ kg/cm}^2$, tabel 22 hal. 222); sehingga diperoleh :

$$\sigma_{\max} = 760,896 \text{ N/cm}^2$$

13. Umur V belt

$$H = \frac{N \text{ base}}{3600 \cdot U \cdot X} \cdot \left\{ \frac{\sigma_{\text{tat}}}{\sigma_{\text{max}}} \right\}^m$$

dimana :

H = umur v belt, N base = fatigue test asumsi 10^7 ; σ_{tat} = tegangan kelelahan ditentukan dari tanda kelelahan rata-rata = $882,9 \text{ N/cm}^2$, $m = 8$, X = jumlah puli 2 buah.

U = number of turns of the belt per second = V / L

U = 0,503 siklus / det.

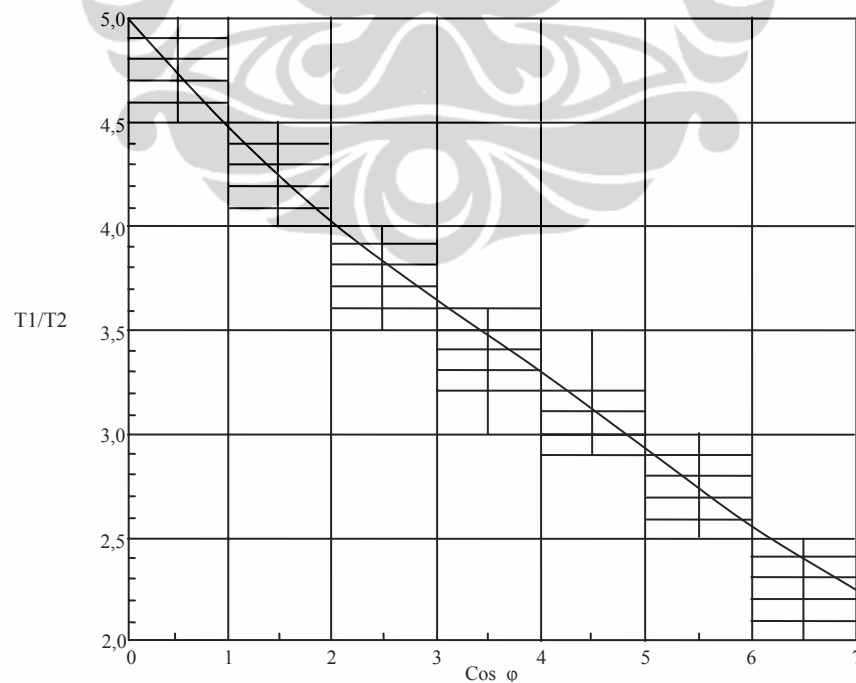
Maka diperoleh :

$$H = 9073,800 \text{ jam} = 378 \text{ hari (diperkirakan 12 bulan)}$$

14. Beban yang bekerja akibat tegangan V-belt

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{D_p - d_{pa}}{2C} \\ &= 0,468 \end{aligned}$$

Dari gambar 6-3 hal. 294 hubungan antara sudut φ dan T1/T2 dapat dicari :



Gambar 3.6. Grafik hubungan antara sudut dan tegangan

$$T_1 / T_2 = 4,7 \rightarrow T_1 = 4,7 T_2$$

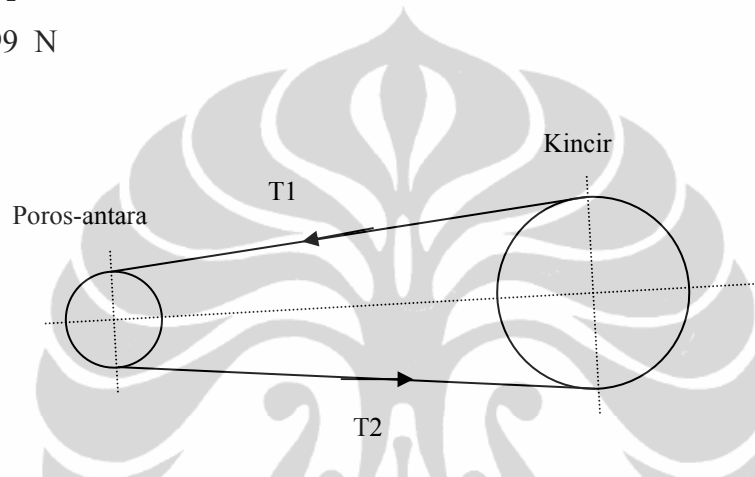
Gaya pada sabuk :

$$P_{\text{Motor}} = \frac{T_1 - T_2}{102} \cdot V_{\text{belt}}$$

$$T_2 = 9,807 \text{ N dan } T_1 = 46,092 \text{ N}$$

Gaya yang bekerja pada poros :

$$\begin{aligned} R_2 &= T_1 + T_2 \\ &= 55,899 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 3.7. Sistem transmisi poros-antara dan poros kincir/reel

15. Berat V-belt

$$W_{b_2} = Z \cdot (L \cdot F) \cdot \gamma$$

dimana : $Z = 1$ buah, $L = 1651 \text{ mm} = 165,1 \text{ cm}$, $F = 1,4 \text{ cm}^2$, $\gamma = 0,75 \text{ kg/dm}^3 = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$; maka diperoleh : $W_{b_2} = 0,173 \text{ kg}$

3.5.2.1.3. Untuk Transmisi Dari Puli Motor Penggerak Ke Spindle.

Data-data yang diketahui sebagai berikut :

Daya motor listrik $P_{\text{motor}} = 0,296 \text{ kWatt}$, putaran poros motor penggerak (n_1) = 1420 rpm, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Pemilihan tipe sabuk (belt)

Sebelum dipilih tipe sabuk yang akan digunakan (flat belt atau V belt), maka terlebih dahulu diperhatikan kondisi-kondisi yang akan dilayani oleh sabuk tersebut :

- Alur pada spindle yang akan dilalui sabuk berbentuk silinderik.
- Jumlah spindle sebanyak 12 buah (12 puli).

- Jumlah puli penuntun/spindle penuntun (guide pulley) sebanyak 5 buah.
- Ukuran sabuk harus panjang.
- Pada waktu pemasangan sabuk pada puli motor dan spindle mudah dilakukan.

Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut diatas maka tipe sabuk yang cocok digunakan adalah sabuk datar/rata (flat belt).

2. Pemilihan diameter puli

Diameter lingkaran jarak-bagi spindle.

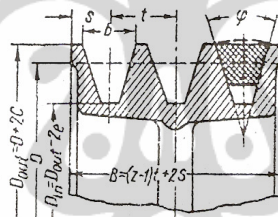
$$(d_{ps}) = 24 \text{ mm}$$

Diameter luar spindle

$$d_{ks} = d_{ps} + 2c$$

dimana :

$$e = 10 \text{ mm}, c = 2,5 \text{ mm}, t = 12 \text{ mm}, s = 8 \text{ mm}, \varphi = 40^\circ$$



Gambar 3.8. Ukuran-ukuran dasar pada alur puli

sehingga : $d_{ks} = 29 \text{ mm}$

Diameter lingkaran jarak-bagi puli besar (D_{ps})

Untuk menentukan diameter puli besar maka perbandingan putaran harus diketahui, pada perencanaan ini putaran spindle 7395 rpm dan putaran motor 1420 rpm, maka :

$$i_3 = n_2 / n_1 \dots\dots\dots(3.30)$$

$$i_3 = 5,207$$

Sehingga : $D_{ps} = d_{ps} \cdot i_3 = D_1 = 125 \text{ mm}$

Diameter luar puli besar (D_{ks})

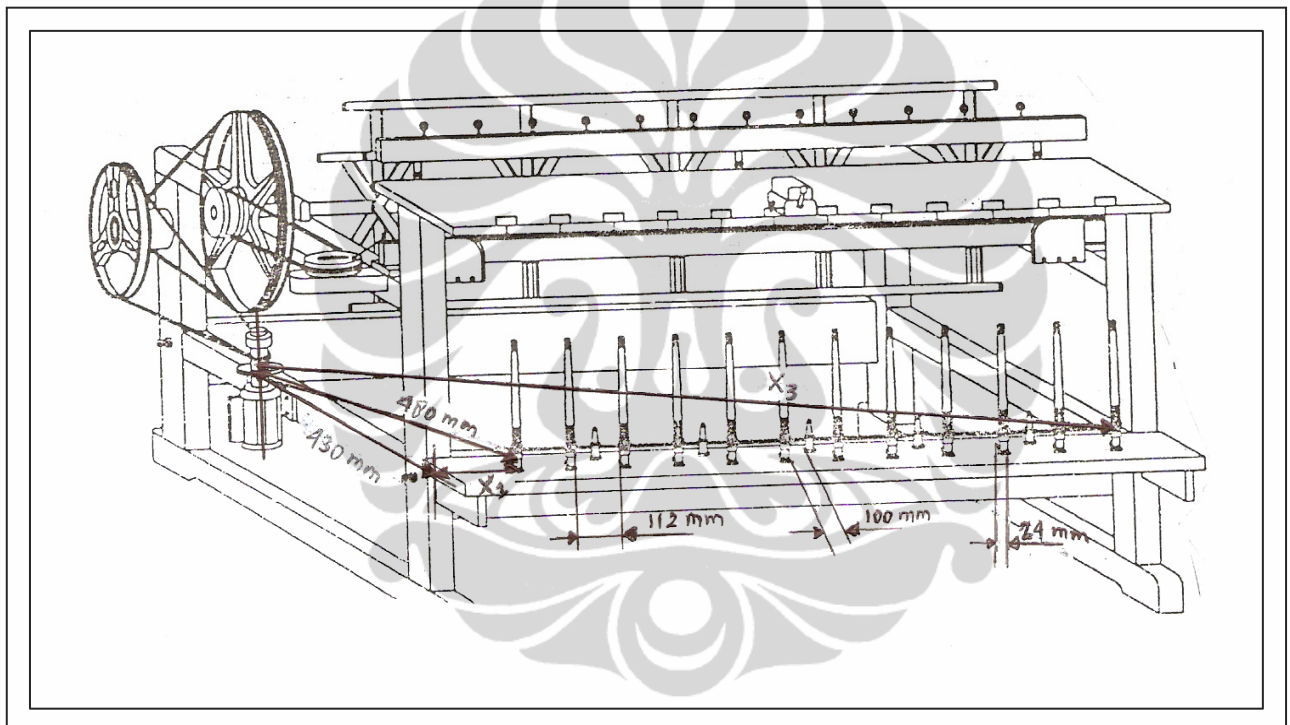
$$D_{ks} = D_{ps} + 2c = 130 \text{ mm}$$

3. Kecepatan sabuk (flat belt)

$$V = \frac{\pi \cdot d_{ps} \cdot n_2}{60 \cdot 1000} \text{ m/det}$$
$$= 9,288 \text{ m/det}$$

4. Perhitungan panjang keliling flat belt

Direncanakan 12 spindle dengan diameter spindle 24 mm, jarak antara spindle satu dengan spindle lainnya 112 mm, jarak antara spindle dengan puli penuntun (guide pulley) 100 mm, jumlah puli penuntun 5 buah dengan diameter 24 mm, jarak antara puli motor dengan spindle ke-1 480 mm



Gambar 3.9. Skema tata letak motor penggerak, spindle dan guide spindle

$$X1 = \{480^2 - 430^2\}^{1/2}$$
$$= 213 \text{ mm}$$

$$X2 = (12 \text{ spindle} \times 24 \text{ mm}) + (11 \times 112 \text{ mm})$$
$$= 1520 \text{ mm}$$

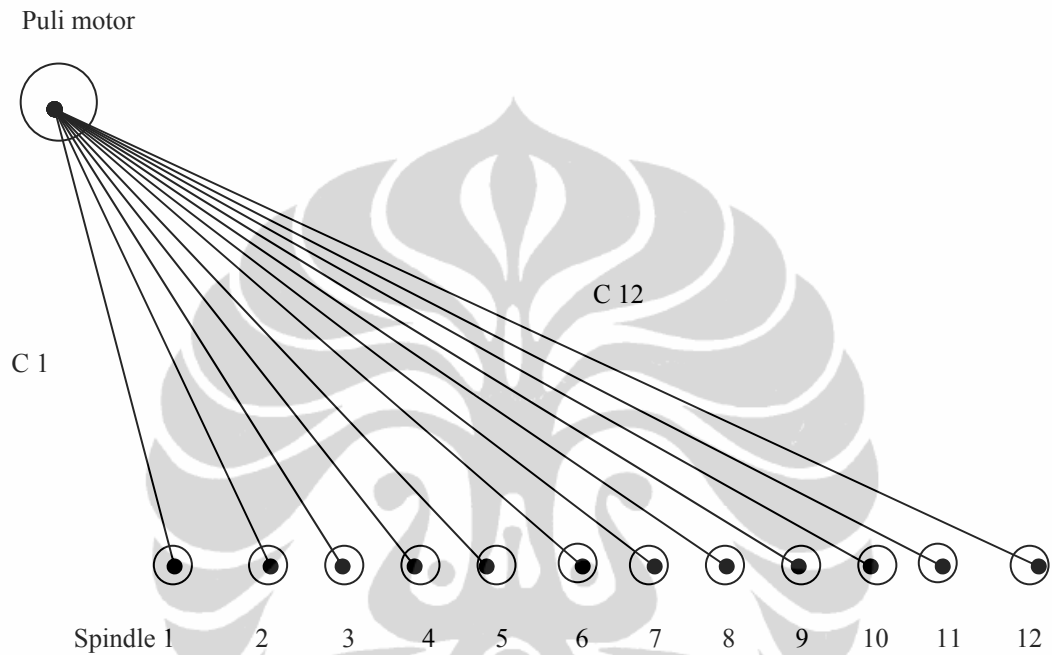
$$X3 = \{(X1 + X2)^2 + 430^2\}^{1/2}$$
$$= 1785 \text{ mm}$$

$$L = (D_{ps} / 2) + 480 \text{ mm} + (12 \text{ spindle} \times d_{ps}/4) + (11 \times 112 \text{ mm}) + (10 \times 100 \text{ mm}) + (5 \text{ guide pulley} \times d_{ps}/2) + X3$$

maka diperoleh :

$$L = 4691 \text{ mm}$$

5. Perhitungan jarak sumbu poros



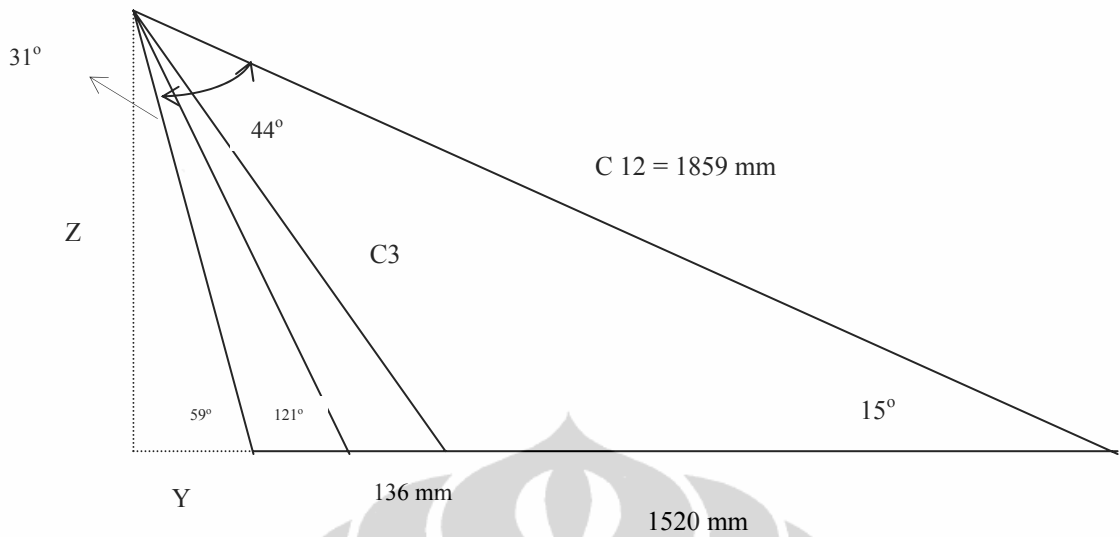
Gambar 3.10 Jarak sumbu-sumbu poros spindle dari motor penggerak

$$C1 = 480 + (D_{ps} / 2) + (d_{ps}/2)$$

$$= 554 \text{ mm,}$$

$$C12 = X3 + (D_{ps} / 2) + (d_{ps}/2)$$

$$= 1859 \text{ mm}$$



Gambar 3.11 Diagram benda bebas Jarak sumbu-sumbu poros spindle

$$\begin{aligned} \cos 59^\circ &= Y / C1, \text{ maka } Y = C1 \cdot \cos 59^\circ \\ &= 332,632 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin 59^\circ &= Z / C1, \text{ maka } Z = C1 \cdot \sin 59^\circ \\ &= 443,625 \end{aligned}$$

Jadi C2 dapat diperoleh dengan menggunakan rumus Pythagoras :

$$\begin{aligned} C2 &= \{ Z^2 + (Y + 136)^2 \}^{1/2} \\ &= 630 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C3 &= \{ Z^2 + (Y + 136 + 136)^2 \}^{1/2} \\ &= 710 \text{ mm, dengan cara yang sama diperoleh :} \end{aligned}$$

C4 = 820 mm	C8 = 1280 mm
C5 = 930 mm	C9 = 1390 mm
C6 = 1040 mm	C10 = 1520 mm
C7 = 1160 mm	C11 = 1650 mm

6. Sudut kontak pada puli

$$\theta = 180^\circ - \frac{Dps - dps}{C} \cdot 57$$

$$\text{Dimana } C, \text{ diambil } C_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} Ci}{12}$$

$$C_{\text{rata-rata}} = 1128,583 \text{ mm}$$

Maka diperoleh :

$$\theta = 174,898^\circ$$

7. Gaya keliling yang bekerja pada puli

$$P = (P_{\text{motor}} \cdot 102) / V \\ = 3,250 \text{ N}$$

8. Luas penampang flat-belt

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} ; ZF = \frac{P}{K}$$

$$K = 2 \cdot \phi \cdot \sigma_o$$

dimana :

ZF = luas penampang flat-belt total (cm²), P = gaya keliling, K = tegangan akibat tarikan belt, ϕ = faktor tarikan ($\phi_o = \phi = 0,5$), σ_o = untuk flat-belt 18 kg/cm²

$$\text{Maka : } K = 18 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga luas penampang sabuk total :

$$ZF = 0,180 \text{ cm}^2$$

9. Jumlah flat-belt yang digunakan

$$Z = \frac{P}{K \cdot F}$$

$$K = K_o \cdot C_v \cdot C_\alpha$$

$$K_o = a - w \cdot h / \text{dps}$$

Dimana : Z = jumlah flat-belt (buah); P = gaya keliling, K_o = koefisien kontak antara belt dan puli, C_v = faktor kecepatan, C_α = faktor sudut kontak, h = tinggi flat-belt = 2,5 mm, a = 25; w = 100 (tabel 22 hal. 222).

Sehingga diperoleh : K_o = 14,583 kg/cm²

Menentukan harga C_v dari tabel 26 hal. 246 dari kecepatan 9,288 m/det untuk flat-belt maka C_v = 1,004 ; sedangkan untuk menentukan harga C_α dari tabel 27 hal. 246 pada sudut kontak 174,898°.

α	160	174,898	180
C _α – flat belt	0,94	C _α ?	1,0

Dengan interpolasi didapat : $C\alpha = 0,984$

Maka : $K = 14,349 \text{ kg/cm}^2$

Sehingga :

$$Z = \frac{P}{K \cdot F} = 1,15 \approx 1 \text{ buah}$$

Jadi jumlah flat-belt diambil 1 buah

10. Tegangan max. yang terjadi pada flat-belt

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \frac{P}{2 \cdot Z \cdot F} + \frac{\gamma \cdot V^2}{10 \cdot g} + Eb \cdot \frac{h}{dpa}$$

dimana :

σ_{\max} = tegangan max. flat belt (N/cm^2), σ_o = tegangan awal pada flat belt $176,580 \text{ N/cm}^2$, γ = berat jenis flat belt untuk rubber canvas ($1,25 - 1,50 \text{ kg/dm}^3$, tabel 22 hal. 222), g = gravitasi bumi $9,81 \text{ m/det}^2$, Eb = Modulus Elastis ($800 - 1200 \text{ kg/cm}^2$, tabel 22 hal. 222); sehingga diperoleh :

$$\sigma_{\max} = 336,706 \text{ N/cm}^2$$

11. Umur flat belt

$$H = \frac{N \text{ base}}{3600 \cdot U \cdot X} \cdot \left\{ \frac{\sigma_{\text{tat}}}{\sigma_{\max}} \right\}^m$$

dimana :

H = umur v belt, $N \text{ base}$ = fatigue test asumsi 10^7 ; σ_{tat} = tegangan kelelahan ditentukan dari tanda kelelahan rata-rata = $588,60 \text{ N/cm}^2$, $m = 5$,
 X = jumlah puli 18 buah.

U = number of turns of the belt per second = V / L

$U = 1,979$ siklus / det.

Maka diperoleh :

$$H = 1325,860 \text{ jam} = 55 \text{ hari (diperkirakan 1,5 bulan)}$$

12. Beban yang bekerja akibat tegangan flat-belt

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{Dpa - dpa}{2C} \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

$$T1 / T2 = 4,977 \rightarrow T1 = 4,977 T2$$

Gaya pada sabuk :

$$P_{\text{motor}} = \frac{T_1 - T_2}{102} \cdot V_{\text{belt}}$$

$T_2 = 0,817 \text{ N}$ dan $T_1 = 4,068 \text{ N}$

Gaya yang bekerja pada poros :

$$\begin{aligned} R_3 &= T_1 + T_2 \\ &= 4,885 \text{ N} \end{aligned}$$

13. Berat flat-belt

$$Wb_3 = Z \cdot (L.F) \cdot \gamma$$

dimana : $Z = 1$ buah, $L = 4691 \text{ mm} = 469,1 \text{ cm}$, $F = 0,180 \text{ cm}^2$, $\gamma = 1,25 \text{ kg/dm}^3$
 $= 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$; maka diperoleh : $Wb_3 = 0,106 \text{ kg}$

3.5.2.2. Perhitungan Perencanaan Puli

3.5.2.2.1. Perencanaan Puli Pada Poros Motor Penggerak

Dimensi yang didapat dari perhitungan flat belt untuk puli motor

- Diameter jarak bagi puli (D_{ps}) = 125 mm
- Diameter luar puli (D_{ks}) = 130 mm
- Bahan puli : Compressed paper fiber
- Tipe puli : puli pejal
- $e = 10 \text{ mm}$, $c = 2,5 \text{ mm}$, $t = 12 \text{ mm}$, $s = 8 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$ [7], dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Lebar puli

$$\begin{aligned} B &= (Z-1) \cdot t + 2 \cdot s \dots\dots\dots(3.31) \\ &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Diameter dalam

$$\begin{aligned} D_d &= D_{ks} - 2 \cdot e \dots\dots\dots(3.32) \\ &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter poros

Untuk perencanaan permulaan maka :

$$d_s = [5,1/\tau_a (K_t \cdot C_b \cdot T)]^{1/3} \dots\dots\dots(3.33)$$

dimana :

$T =$ momen rencana $9,74 \times 10^5 (Pd/n_1)$ kg.mm, Bahan poros diambil S 35
 $C-D \sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Kekuatan tarik), $sf_1 = 6,0$; $sf_2 = 1,3 - 3,0$ diambil 3,0

$K_t = 1,0$ (beban dikenakan secara halus), $C_b = 1,2 - 2,3$ diambil $2,3$; $\tau_a =$ teg. geser yang diizinkan [4].

$$T = 9,74 \times 10^5 (P_d / n_1) \dots\dots\dots(3.34)$$

$$= 203,0309 \text{ kg. Mm}$$

$$\tau_a = \sigma_B / (s_{f1} \cdot s_{f2}) \dots\dots\dots(3.35)$$

$$= 2,944 \text{ kg/mm}^2$$

maka diperoleh : $d_s = 9,317 \text{ mm}$, dipilih 10 mm sesuai pada tabel 1.7 hal. 9 [4] (diambil sementara sebelum memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja).

4. Berat puli

Berat puli pejal

$$W_{p1} = \pi / 4 \cdot D_k^2 \cdot B \cdot \gamma \dots\dots\dots(3.36)$$

dimana : $\gamma =$ berat jenis bahan puli $0,9 \text{ kg/dm}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

$$W_{p1} = 0,191 \text{ kg}$$

Dimensi yang didapat dari perhitungan V-belt untuk puli kecil

- Diameter jarak bagi puli (D_p) = 40 mm
- Diameter luar puli (D_k) = 47 mm
- Bahan puli : Compressed paper fiber
- Tipe puli : puli pejal
- $e = 12,5 \text{ mm}$, $c = 3,5 \text{ mm}$, $t = 16 \text{ mm}$, $s = 10 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$ [7], dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Lebar puli

Perhitungan lebar puli disini mengambil jumlah belt (z) = 2

$$B = (Z-1) \cdot t + 2 \cdot s$$

$$= 36 \text{ mm}$$

2. Diameter dalam

$$D_d = D_k - 2 \cdot e$$

$$= 22 \text{ mm}$$

3. Diameter poros

Bahan poros dan ketentuan lain sama seperti poros pada point A diatas, sehingga $d_s = 9,317 \text{ mm}$, diameter porosnya diambil = 10 mm

4. Berat puli

Berat puli pejal

$$W_{p2} = \pi / 4 \cdot D_k^2 \cdot B \cdot \gamma$$

dimana : γ = berat jenis bahan puli $0,9 \text{ kg/dm}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

$$W_{p2} = 0,056 \text{ kg}$$

3.5.2.2.2. Perencanaan Puli Pada Poros-Antara

Dimensi yang didapat dari perhitungan V- belt untuk puli besar

- Diameter jarak bagi puli (D_p) = 270 mm
- Diameter luar puli (D_k) = 277 mm
- Bahan puli : Compressed paper fiber
- Tipe puli : puli berongga
- $e = 12,5 \text{ mm}$, $c = 3,5 \text{ mm}$, $t = 16 \text{ mm}$, $s = 10 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Lebar puli

Perhitungan lebar puli disini mengambil jumlah belt (z) = 2

$$\begin{aligned} B &= (Z-1) \cdot t + 2 \cdot s \\ &= 36 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Diameter dalam

$$\begin{aligned} D_d &= D_k - 2 \cdot e \\ &= 252 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter poros

Untuk perencanaan permulaan maka :

$$d_s = [5,1/\tau_a (K_t \cdot C_b \cdot T)]^{1/3}$$

dimana :

T = momen rencana $9,74 \times 10^5 \text{ (Pd/n}_4\text{) kg.mm}$, Bahan poros diambil S 35
 $C-D \sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Kekuatan tarik), $sf_1 = 6,0$; $sf_2 = 1,3 - 3,0$ diambil $2,15$, $K_t = 1,0$ (beban dikenakan secara halus), $C_b = 1,2 - 2,3$ diambil $1,5$; τ_a = teg. geser yang diizinkan.

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \text{ (Pd/n}_4\text{)} \\ &= 1359,924 \text{ kg. mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_a &= \sigma_B / (sf_1 \cdot sf_2) \\ &= 4,496 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

maka diperoleh : $d_s = 12,278$ mm, dipilih 15 mm sesuai pada tabel 1.7 hal. 9 [4] (diambil sementara sebelum memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja).

4. Diameter naf (hub)

$$D_B = (5/3 d_s) + 10 \dots\dots\dots(3.37)$$

$$= 35 \text{ mm}$$

5. Panjang naf (hub)

$$L = \pi/2 \cdot d_s \dots\dots\dots(3.38)$$

$$= 24 \text{ mm}$$

6. Banyaknya ruji (spoke) pada puli

$$A = (1/6 \text{ --- } 1/7) \sqrt{D_p} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$= 2,53 \approx 3 \text{ buah}$$

7. Lebar terbesar ruji

$$b = 1,4 \{ (P \cdot Dd/2) / A \}^{1/3} \dots\dots\dots(3.40)$$

$$= 11 \text{ mm,}$$

sehingga diperoleh ukuran-ukuran ruji sebagai berikut :

$$b_1 = 0,8 \text{ b} = 8,8 \text{ mm} ; a = 0,5 \text{ b} = 5,5 \text{ mm} ; a_1 = 0,8 \text{ a} = 4,4 \text{ mm [9].}$$

8. Berat puli

Berat puli pejal

$$W_p = \pi / 4 \cdot Dk^2 \cdot B \cdot \gamma$$

dimana : γ = berat jenis bahan puli $0,9 \text{ kg/dm}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

$$W_p = 1,951 \text{ kg}$$

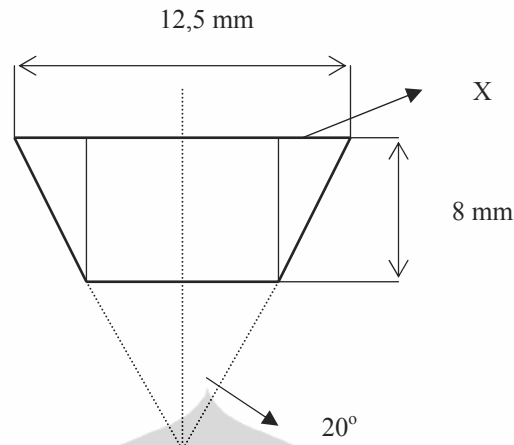
Berat yang hilang karena pengerjaan :

a. Lubang poros, $W_{ps} = \pi / 4 \cdot d_s^2 \cdot L \cdot \gamma = 0,004 \text{ kg}$

b. Hilang diantara hub dan diameter-dalam dari puli,

$$W_{hd} = \pi / 4 (Dd - D_b) \cdot (B - a) \cdot (Dd - A \cdot b) \cdot \gamma = 1,245 \text{ kg}$$

c. Berat yang hilang karena alur



Gambar 3.12 Penampang sabuk V tipe A

Dari gambar diperoleh :

$$\begin{aligned} X &= 8 \tan 20^\circ \\ &= 2,599 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_s = \text{luas penampang sabuk} = 79,208 \text{ mm}^2 = 0,792 \text{ cm}^2$$

$$W_{pa} = A_s \cdot \text{Keliling diameter luar puli} \cdot \gamma$$

$$\begin{aligned} &= A_s \cdot (\pi \cdot D_k) \cdot \gamma \\ &= 0,0604 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{p3} = W_p - \text{berat yang hilang karena pengerjaan}$$

$$= 0,641 \text{ kg}$$

Dimensi yang didapat dari perhitungan V-belt untuk puli kecil

- Diameter jarak bagi puli (D_p) = 75 mm
- Diameter luar puli (D_k) = 85 mm
- Bahan puli : Wooden pulleys (kayu ash)
- Tipe puli : puli pejal
- $e = 16 \text{ mm}$, $c = 5 \text{ mm}$, $t = 20 \text{ mm}$, $s = 12,5 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Lebar puli

Perhitungan lebar puli disini mengambil jumlah belt (z) = 2

$$\begin{aligned} B &= (Z-1) \cdot t + 2 \cdot s \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Diameter dalam

$$\begin{aligned} Dd &= Dk - 2.e \\ &= 53 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter poros

Bahan poros dan ketentuan lain sama seperti poros pada point B diatas, sehingga $d_s = 12,278 \text{ mm}$, diameter porosnya diambil $= 15 \text{ mm}$

4. Berat puli

Berat puli pejal

$$W_{p4} = \pi / 4 \cdot Dk^2 \cdot B \cdot \gamma$$

dimana : $\gamma =$ berat jenis bahan puli $0,72 \text{ kg/dm}^3 = 0,72 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

$$W_{p4} = 0,183 \text{ kg}$$

3.5.2.2.3. Perencanaan Puli Pada Poros Kincir Penggulung Benang (*Reel*)

Dari data di depan didapat :

- Diameter jarak-bagi puli (D_p) = 450 mm
- Diameter luar puli (D_k) = 460 mm
- Bahan puli : Compressed paper fiber
- Tipe puli : puli berongga
- $e = 16 \text{ mm}$, $c = 5 \text{ mm}$, $t = 20 \text{ mm}$, $s = 12,5 \text{ mm}$, $\phi = 40^\circ$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Lebar puli

Perhitungan lebar puli disini mengambil jumlah belt (z) = 2

$$\begin{aligned} B &= (Z-1) \cdot t + 2 \cdot s \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Diameter dalam

$$\begin{aligned} Dd &= Dk - 2.e \\ &= 428 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Diameter poros

Untuk perencanaan permulaan maka :

$$d_s = [5,1/\tau_a (Kt \cdot C_b \cdot T)]^{1/3}$$

dimana :

$T =$ momen rencana $9,74 \times 10^5 (Pd / n_{drum}) \text{ kg.mm}$, Bahan poros diambil S 35 C-D $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Kekuatan tarik), $sf_1 = 6,0$; $sf_2 = 1,3 - 3,0$ diambil 2,15

$K_t = 1,0$ (beban dikenakan secara halus), $C_b = 1,2 - 2,3$ diambil $1,5$; $\tau_a =$ teg. geser yang diizinkan.

$$T = 9,74 \times 10^5 (Pd / n_{\text{kincir}})$$

$$= 8237,257 \text{ kg. mm}$$

$$\tau_a = \sigma_B / (sf_1 \cdot sf_2)$$

$$= 4,496 \text{ kg/mm}^2$$

maka diperoleh : $d_s = 24,110 \text{ mm}$, dipilih 25 mm sesuai pada tabel 1.7 hal. 9 (diambil sementara sebelum memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja).

4. Diameter naf (hub)

$$D_B = (5/3 d_s) + 10$$

$$= 52 \text{ mm}$$

5. Panjang naf (hub)

$$L = \pi/2 \cdot d_s$$

$$= 39 \text{ mm}$$

6. Banyaknya ruji (spoke) pada puli

$$A = (1/6 \text{ --- } 1/7) \sqrt{D_p}$$

$$= 3,53 \approx 4 \text{ buah}$$

7. Lebar terbesar ruji

$$b = 1,4 \{ (P \cdot D_d/2) / A \}^{1/3}$$

$$= 17 \text{ mm,}$$

sehingga diperoleh ukuran-ukuran ruji sebagai berikut :

$$b_1 = 0,8 b = 13,6 \text{ mm} ; a = 0,5 b = 8,5 \text{ mm} ; a_1 = 0,8 a = 6,8 \text{ mm}$$

8. Berat puli

Berat puli pejal

$$W_p = \pi / 4 \cdot D_k^2 \cdot B \cdot \gamma$$

dimana : $\gamma =$ berat jenis bahan puli $0,9 \text{ kg/dm}^3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$

$$W_p = 6,727 \text{ kg}$$

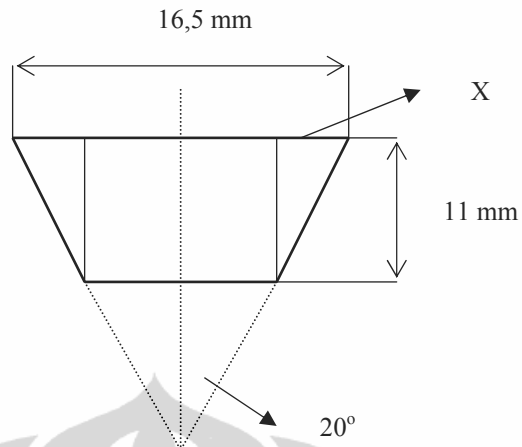
Berat yang hilang karena pengerjaan :

a. Lubang poros, $W_{ps} = \pi / 4 \cdot d_s^2 \cdot L \cdot \gamma = 0,0172 \text{ kg}$

b. Hilang diantara hub dan diameter-dalam dari puli,

$$W_{hd} = \pi / 4 (D_d - D_b) \cdot (B - a) \cdot (D_d - A \cdot b) \cdot \gamma = 4,50 \text{ kg}$$

c. Berat yang hilang karena alur



Gambar 3.13 Penampang sabuk V tipe B

Dari gambar diperoleh :

$$X = 11 \tan 20^\circ$$

$$= 3,574 \text{ mm}$$

$$A_s = \text{luas penampang sabuk} = 245,058 \text{ mm}^2 = 2,451 \text{ cm}^2$$

$$W_{pa} = A_s \cdot \text{Keliling diameter luar puli} \cdot \gamma$$

$$= A_s \cdot (\pi \cdot D_k) \cdot \gamma$$

$$= 0,4186 \text{ kg}$$

$$W_{p5} = W_p - \text{berat yang hilang karena pengerjaan}$$

$$= 1,79 \text{ kg}$$

3.5.2.3. Perhitungan Perencanaan Poros

3.5.2.3.1. Perencanaan Poros Motor

Beban yang diterima poros yaitu :

- Beban akibat tarikan sabuk dari motor penggerak ke poros-antara dan dari motor penggerak ke spindle (Gaya Horisontal) $R_1 = 15,503 \text{ N}$ dan $R_3 = 4,885 \text{ N}$
- Beban akibat : berat sabuk $W_{b1} = 0,079 \text{ kg}$ + $W_{b3} = 0,106 \text{ kg}$ dan berat puli $W_{p2} = 0,056 \text{ kg}$ + $W_{p1} = 0,191 \text{ kg}$
- Bahan poros S 35 C-D, $\sigma_B = 53 \text{ kg/cm}^3$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Daya yang ditransmisikan

$$P = 0,228 \text{ kW (dari perhitungan sebelumnya), } f_c = 1,3 \text{ (faktor koreksi) [4].}$$

2. Daya rencana

$$Pd = P \cdot fc \dots\dots\dots(3.41)$$

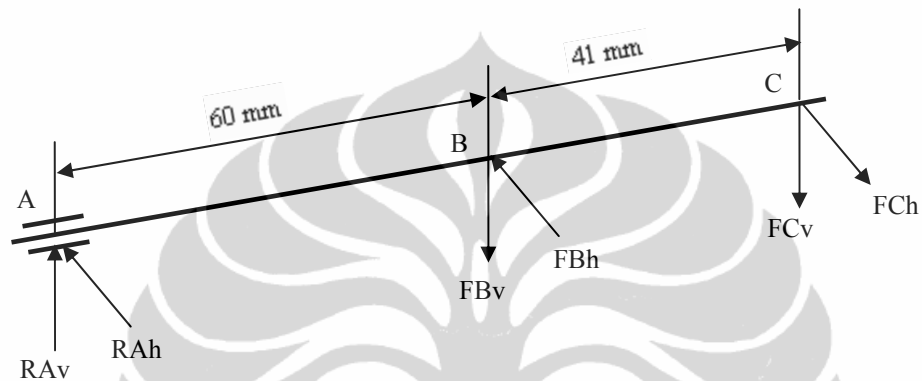
$$= 0,296 \text{ kW}$$

3. Momen puntir rencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 (Pd / n_1) \dots\dots\dots(3.42)$$

$$= 203,0309 \text{ kg.mm}$$

4. Gaya-gaya yang bekerja pada poros



dimana :

$$F_{Bv} = W_{p1} + 0,5 W_{b3} = 0,244 \text{ kg}$$

$$F_{Cv} = W_{p2} + 0,5 W_{b1} = 0,0955 \text{ kg}$$

$$F_{Bh} = 0,5 R_3 = 2,442 \text{ N} = 0,249 \text{ kg}$$

$$F_{Ch} = 0,5 R_1 = 7,751 \text{ N} = 0,790 \text{ kg}$$

Menentukan gaya reaksi vertikal

$$\Sigma MB = 0 \quad +\downarrow$$

$$R_{Av} \cdot 60 = - F_{Cv} \cdot 41$$

$$R_{Av} = - 0,065 \text{ kg, tanda } (-) \text{ menunjukkan bahwa arah } R_{Av} \text{ terbalik}$$

Menentukan gaya reaksi horisontal

$$\Sigma MB = 0 \quad +\downarrow$$

$$R_{Ah} \cdot 60 = - F_{Ch} \cdot 41$$

$$R_{Ah} = - 0,539 \text{ kg, tanda } (-) \text{ menunjukkan bahwa arah } R_{Ah} \text{ terbalik.}$$

5. Momen lentur karena gaya vertikal

$$M_{Av} = R_{Av} \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{Bv} = R_{Av} \cdot 60 = 3,9 \text{ kg.mm}$$

$$MC_v = FC_v. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

6. Momen lentur karena gaya horisontal

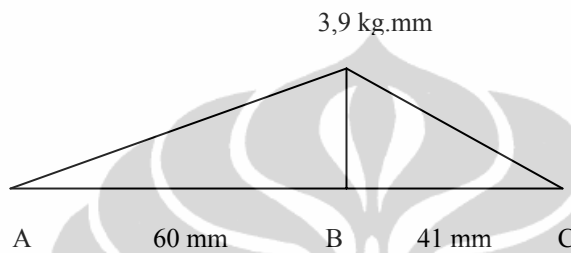
$$MA_h = RA_h. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$MB_h = RA_h. 60 = 32,34 \text{ kg.mm}$$

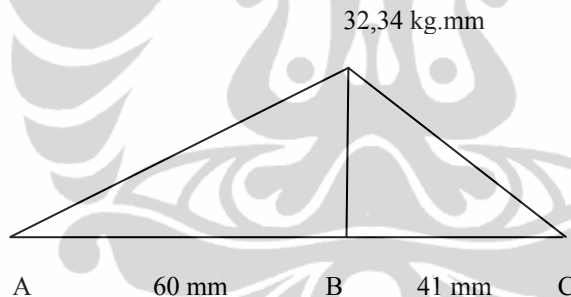
$$MCh = FCh. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

7. Gambar bidang momen

- Untuk momen vertikal



- Untuk momen horisontal



8. Momen lentur gabungan

$$ML = (MB_v^2 + MB_h^2)^{1/2} \dots\dots\dots(3.43)$$

$$= 32,574 \text{ kg.mm}$$

9. Bahan poros S 35 C-D, $\sigma_B = 58 \text{ kg/cm}^3$

$Sf_1 = 6,0$; $Sf_2 = 1,3 - 3,0$ (diambil 1,3) ; $\tau_a = 58 / (6,0 \cdot 1,3) = 7,435 \text{ kg/mm}^2$, $Kt = 1,0 - 1,5$ sedikit kejutan (diambil 1,0), $Km = 1,5 - 2,0$ tumbukan ringan (diambil 1,5) [4].

10. Diameter poros

$$ds = [5,1/\tau_a [(Km \cdot ML)^2 + (Kt \cdot T)^2]^{1/2}]^{1/3} \dots\dots\dots(3.44)$$

= 5,0 mm (memenuhi syarat sebab lebih kecil dari perencanaan permulaan yaitu 10 mm)

11. Perhitungan defleksi

$$\delta = 584 \cdot \frac{T \cdot L}{G \cdot ds^4} \dots\dots\dots(3.45)$$

Dimana : L = panjang poros (mm), G = $8,3 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$ (modulus geser bahan poros) [4] , maka :

$$\delta = 0,14^0 \text{ (berarti memenuhi syarat, lebih kecil dari } 0,25^0 / \text{m)}$$

12. Berat poros

$$W_{p01} = \pi / 4 \cdot ds^2 \cdot L \cdot \gamma \dots\dots\dots(3.46)$$

$$= 0,057 \text{ kg (berat jenis bahan poros } 7,2 \text{ kg/dm}^3)$$

3.5.2.3.2. Perencanaan Poros-Antara

Beban yang diterima poros yaitu :

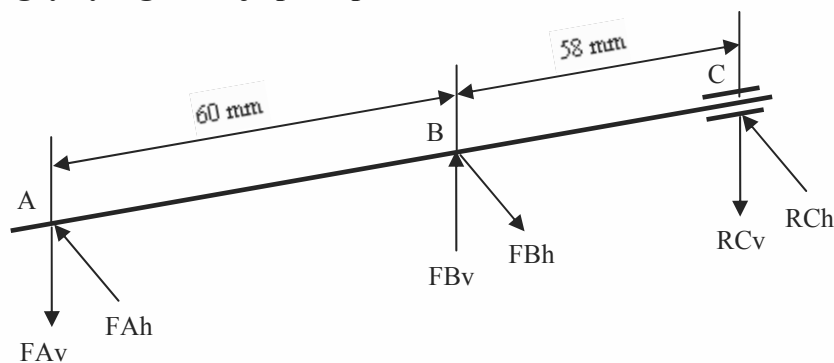
- Beban akibat tarikan V belt dari motor penggerak ke poros-antara dan dari poros-antara ke poros kincir penggulung benang (Gaya Horizontal) $R_1 = 15,503 \text{ N}$ dan $R_2 = 55,899 \text{ N}$
- Beban akibat : berat sabuk $W_{b1} = 0,079 \text{ kg} + W_{b2} = 0,173 \text{ kg}$ dan berat puli $W_{p3} = 0,641 \text{ kg} + W_{p4} = 0,183 \text{ kg}$
- Bahan poros S 35 C-D, $\sigma_B = 53 \text{ kg/cm}^3$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Momen puntir rencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \text{ (Pd / } n_4)$$

$$= 1359,924 \text{ kg.mm}$$

2. Gaya-gaya yang bekerja pada poros



dimana :

$$FA_v = W_{p3} + 0,5 W_{b1} = 0,680 \text{ kg}$$

$$FB_v = W_{p4} + 0,5 W_{b2} = 0,269 \text{ kg}$$

$$FA_h = 0,5 R_1 = 7,751 \text{ N} = 0,790 \text{ kg}$$

$$FB_h = 0,5 R_2 = 27,949 \text{ N} = 2,849 \text{ kg}$$

Menentukan gaya reaksi vertikal

$$\Sigma MB = 0 \quad +\downarrow$$

$$FA_v \cdot 60 = RC_v \cdot 58$$

$$RC_v = 0,703 \text{ kg}$$

Menentukan gaya reaksi horisontal

$$\Sigma MB = 0 \quad +\downarrow$$

$$FA_h \cdot 60 = RCh \cdot 58$$

$$RCh = 0,817 \text{ kg}$$

3. Momen lentur karena gaya vertikal

$$MA_v = FA_v \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$MB_v = - FA_v \cdot 60 = - 40,8 \text{ kg.mm}$$

$$MC_v = RC_v \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

4. Momen lentur karena gaya horisontal

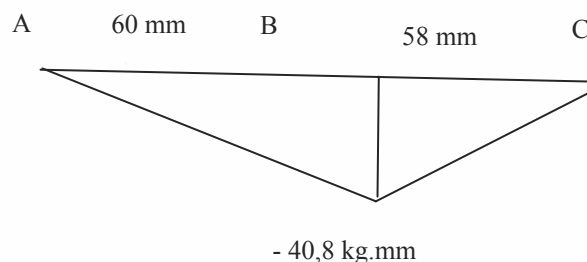
$$MA_h = FA_h \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$MB_h = FA_h \cdot 60 = 47,4 \text{ kg.mm}$$

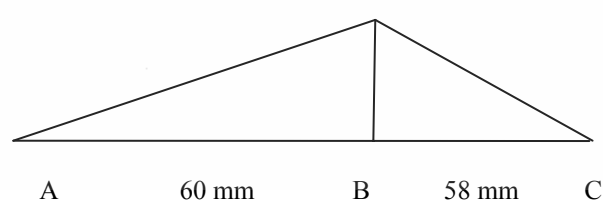
$$MCh = RCh \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

5. Gambar bidang momen

- Untuk momen vertikal



- Untuk momen horisontal



6. Momen lentur gabungan

$$ML = (MBv^2 + MBh^2)^{1/2}$$
$$= 62,541 \text{ kg.mm}$$

7. Diameter poros

$$ds = [5,1/\tau_a [(Km \cdot ML)^2 + (Kt \cdot T)^2]^{1/2}]^{1/3}$$

= 9,77 mm (memenuhi syarat sebab lebih kecil dari perencanaan permulaan yaitu 15 mm)

8. Perhitungan defleksi

$$\delta = 584 \cdot \frac{T \cdot L}{G \cdot ds^4}$$

Dimana : L = panjang poros (mm), G = $8,3 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$ (modulus geser bahan poros), maka :

$$\delta = 0,22^0 \text{ (berarti memenuhi syarat, lebih kecil dari } 0,25^0 / \text{m)}$$

9. Berat poros

$$Wp_{02} = \pi/4 \cdot ds^2 \cdot L \cdot \gamma$$
$$= 0,15 \text{ kg, (berat jenis bahan poros } 7,2 \text{ kg/dm}^3)$$

3.5.2.3.3. Perencanaan Poros Kincir Penggulung Benang (*Reel*)

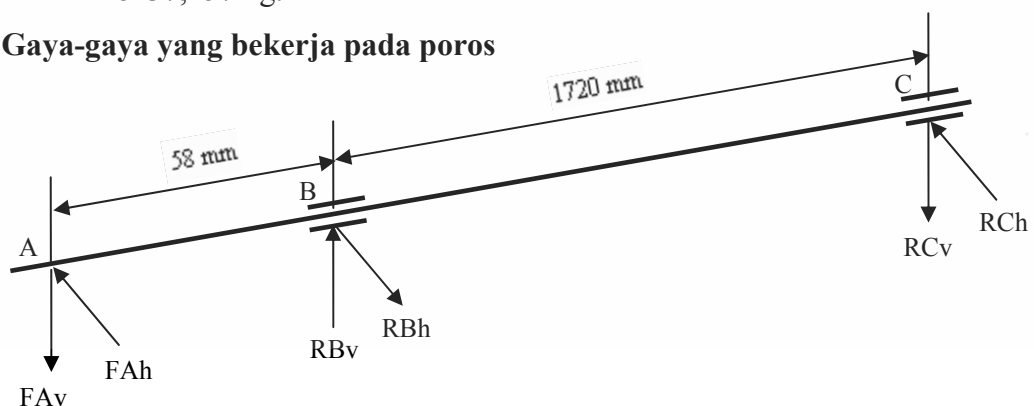
Beban yang diterima poros yaitu :

- Beban akibat tarikan V belt dari poros-antara ke poros kincir penggulung benang (Gaya Horisontal) $R_2 = 55,899 \text{ N}$
- Beban akibat : berat sabuk $Wb_2 = 0,173 \text{ kg}$ dan berat puli $Wp_5 = 1,79 \text{ kg}$
- Bahan poros S 35 C-D, $\sigma_B = 53 \text{ kg/cm}^3$, dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Momen puntir rencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 (Pd / n_3)$$
$$= 8237,257 \text{ kg.mm}$$

2. Gaya-gaya yang bekerja pada poros



dimana :

$$F_{Av} = W_{p5} + 0,5 W_{b2} = 1,876 \text{ kg}$$

$$F_{Ah} = 0,5 R_2 = 27,949 \text{ N} = 2,849 \text{ kg}$$

Menentukan gaya reaksi vertikal

$$\Sigma \mathbf{MB} = \mathbf{0} \quad +\downarrow$$

$$F_{Av}.58 = R_{Cv}.1720$$

$$R_{Cv} = 0,063 \text{ kg}$$

$$\Sigma \mathbf{Fv} = \mathbf{0} \quad +\downarrow$$

$$R_{Bv} = F_{Av} + R_{Cv}$$

$$R_{Bv} = 1,939 \text{ kg}$$

Menentukan gaya reaksi horisontal

$$\Sigma \mathbf{MB} = \mathbf{0} \quad +\downarrow$$

$$F_{Ah}.58 = R_{Ch}.1720$$

$$R_{Ch} = 0,096 \text{ kg}$$

$$\Sigma \mathbf{Fh} = \mathbf{0} \quad +\downarrow$$

$$R_{Bh} = F_{Ah} + R_{Ch}$$

$$R_{Bh} = 2,945 \text{ kg}$$

3. Momen lentur karena gaya vertikal

$$M_{Av} = F_{Av}. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{Bv} = - F_{Av}. 58 = - 108,808 \text{ kg.mm}$$

$$M_{Cv} = R_{Cv}. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

4. Momen lentur karena gaya horisontal

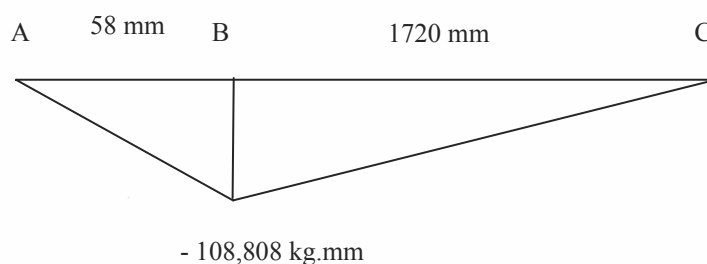
$$M_{Ah} = F_{Ah}. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{Bh} = F_{Ah}. 58 = 165,242 \text{ kg.mm}$$

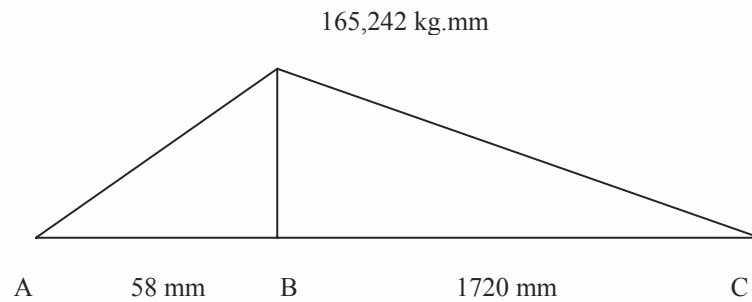
$$M_{Ch} = R_{Ch}. 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

5. Gambar bidang momen

- Untuk momen vertikal



- Untuk momen horizontal



6. Momen lentur gabungan

$$ML = (MBv^2 + MBh^2)^{1/2}$$

$$= 197,848 \text{ kg.mm}$$

7. Diameter poros

$$ds = [5,1/\tau_a [(Km \cdot ML)^2 + (Kt \cdot T)^2]^{1/2}]^{1/3}$$

= 17 mm (memenuhi syarat sebab lebih kecil dari perencanaan permulaan yaitu 25 mm)

8. Perhitungan defleksi

$$\delta = 584 \cdot \frac{T \cdot L}{G \cdot ds^4}$$

Dimana : L = panjang poros (mm), G = $8,3 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$ (modulus geser bahan poros), maka :

$$\delta = 0,24^0 \text{ (berarti memenuhi syarat, lebih kecil dari } 0,25^0 / \text{m)}$$

9. Berat poros

$$Wp_3 = \pi/4 \cdot ds^2 \cdot L \cdot \gamma$$

$$= 6,28 \text{ kg, (berat jenis bahan poros } 7,2 \text{ kg/dm}^3)$$

3.5.2.4. Perhitungan Perencanaan Pasak

3.5.2.4.1. Perencanaan Pasak Pada Poros-Antara

Dari perencanaan poros didapat alur pasak 5 x 5, dimana : b = 5 mm, h = 5 mm, kedalaman alur pasak pada poros $t_1 = 3 \text{ mm}$, kedalaman alur pasak pada naf $t_2 = 2,3 \text{ mm}$, bahan pasak lebih lunak dari bahan poros, dipilih S 30 C $\sigma_B = 48 \text{ kg/mm}^2$ [4], dari data-data yang diketahui di atas diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Dari perencanaan poros didapatkan

$$T = 1359,924 \text{ kg.mm, } ds = 15 \text{ mm}$$

2. Gaya tangensial (F) pada permukaan poros

$$F = T / (ds/2) \dots\dots\dots(3.47)$$
$$= 181,323 \text{ kg}$$

3. Tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_{ka} = \sigma_B / (Sf_{k1} \cdot Sf_{k2}) \dots\dots\dots(3.48)$$

dimana : $Sf_{k1} = 6,0$; $Sf_{k2} = 1,5 - 3,0$ (diambil 1,5)
maka : $\tau_{ka} = 5,333 \text{ kg/mm}^2$

4. Menentukan panjang pasak

a. Dari tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_{ka} \geq \frac{F}{b \cdot l_1} \dots\dots\dots(3.49)$$

berarti $l_1 \geq 6,8 \text{ mm}$

b. Dari tekanan permukaan yang diijinkan

$$p_a \geq \frac{F}{l_2 \cdot t_1} \dots\dots\dots(3.50)$$

dimana : $p_a = 8 \text{ kg/mm}^2$ (untuk poros diameter kecil)

berarti $l_2 \geq 7,55 \text{ mm}$;

diantara kedua panjang pasak tersebut pada point “a” dan “b” , yang dijadikan acuan adalah yang terbesar, kemudian diambil panjang pasak (l_k) yang sebenarnya $l_k = 14 \text{ mm}$

5. Pemeriksaan pasak

Pada pemeriksaan pasak ketentuan-ketentuan yang berlaku sebagai berikut :

$$b / ds = 0,25 - 0,35 \text{ serta } l_k / ds = 0,75 - 1,5 \dots\dots\dots(3.51)$$

a. Lebar pasak

$$b / ds = 5 / 15 = \mathbf{0,33} \quad 0,25 < \mathbf{0,33} < 0,35 \quad \text{Baik}$$

b. Panjang pasak

$$l_k / ds = 14 / 15 = \mathbf{0,93} \quad 0,75 < \mathbf{0,93} < 1,5 \quad \text{Baik}$$

3.5.2.4.2. Perencanaan Pasak Pada Poros Kincir Penggulung Benang (*Reel*)

Dari perencanaan poros didapat alur pasak 7 x 7, dimana : $b = 7 \text{ mm}$, $h = 7 \text{ mm}$, kedalaman alur pasak pada poros $t_1 = 4 \text{ mm}$, kedalaman alur pasak pada naf $t_2 =$

3,5 mm, bahan pasak lebih lunak dari bahan poros, dipilih S 30 C $\sigma_B = 48$ kg/mm²

1. Dari perencanaan poros didapatkan

$$T = 8237,257 \text{ kg.mm, } ds = 25 \text{ mm}$$

2. Gaya tangensial (F) pada permukaan poros

$$F = T / (ds/2) \\ = 658,98 \text{ kg}$$

3. Tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_{ka} = \sigma_B / (Sf_{k1} \cdot Sf_{k2}) \\ \text{dimana : } Sf_{k1} = 6,0 ; Sf_{k2} = 1,5 - 3,0 \text{ (diambil 1,5)} \\ \text{maka : } \tau_{ka} = 5,333 \text{ kg/mm}^2$$

4. Menentukan panjang pasak

a. Dari tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_{ka} \geq \frac{F}{b \cdot l_1}$$

berarti $l_1 \geq 17,65 \text{ mm}$

c. Dari tekanan permukaan yang diijinkan

$$p_a \geq \frac{F}{l_2 \cdot t_1}$$

dimana : $p_a = 8 \text{ kg/mm}^2$ (untuk poros diameter kecil)

berarti $l_2 \geq 20,59 \text{ mm}$;

diantara kedua panjang pasak tersebut pada point “a” dan “b” , yang dijadikan acuan adalah yang terbesar, kemudian diambil panjang pasak (l_k) yang sebenarnya $l_k = 22 \text{ mm}$

5. Pemeriksaan pasak

a. Lebar pasak

$$b / ds = 7 / 25 = \mathbf{0,28} \quad 0,25 < \mathbf{0,28} < 0,35 \quad \text{Baik}$$

b. Panjang pasak

$$l_k / ds = 22 / 25 = \mathbf{0,88} \quad 0,75 < \mathbf{0,88} < 1,5 \quad \text{Baik}$$

3.5.2.5. Perhitungan Perencanaan Bantalan

3.5.2.5.1. Perencanaan Bantalan Pada Poros-Antara

Perencanaan bantalan pada poros-antara meliputi :

1. Putaran poros

$n_4 = 212$ rpm (dari data perencanaan poros)

2. Beban yang bekerja pada bantalan C

$RC_v = 0,703$ kg = 6,896 N; $RCh = 0,817$ kg = 8,014 N

3. Beban total yang didukung bantalan

$$R = \sqrt{(RC_v^2 + RCh^2)} \dots\dots\dots(3.52)$$
$$= 10,572 \text{ N}$$

4. Beban radial

$F_{rC} = 10,572$ N

5. Beban ekivalen radial

$$F_e = (X \cdot V \cdot Fr) + (Y \cdot Fa) \dots\dots\dots(3.53)$$

dimana : faktor $V = 1$ (cincin dalam yang berputar). Karena beban aksial tidak ada maka $Fa = 0$ sehingga $Fa/V \cdot Fr \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$, jadi diperoleh :

$F_e = 10,572$ N

6. Pemilihan bantalan

Karena diameter poros (d_s) = 15 mm, maka dipilih bantalan bola radial alur dalam baris tunggal berdiameter 15 mm. Jenis terbuka 6002, $d = 15$ mm, $D = 32$ mm, $B = 9$ mm dan $r = 0,5$ mm

3.5.2.5.2. Perencanaan Bantalan Pada Poros Kincir/Reel

Perencanaan bantalan pada poros-antara meliputi :

1. Putaran poros

$n_3 = 35$ rpm (dari data perencanaan poros)

2. Beban yang bekerja pada bantalan B dan C

Bantalan B :

$RB_v = 1,939$ kg = 19,021 N; $RB_h = 2,945$ kg = 28,890 N

Bantalan C :

$RC_v = 0,063$ kg = 0,618 N; $RCh = 0,096$ kg = 0,941 N

3. Beban total yang didukung bantalan

$$RB = \sqrt{(RB_v^2 + RB_h^2)}$$

$$= 34,589 \text{ N}$$

$$RC = \sqrt{(RCv^2 + RCh^2)}$$

$$= 1,125 \text{ N}$$

4. Beban radial

$$F_{rB} = 34,589 \text{ N}, \quad F_{rC} = 1,125 \text{ N}$$

5. Beban ekivalen radial

$$F_e = (X \cdot V \cdot Fr) + (Y \cdot Fa)$$

dimana : faktor $V = 1$ (cincin dalam yang berputar). Karena beban aksial tidak ada maka $Fa = 0$ sehingga $Fa/V \cdot Fr \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$, jadi diperoleh :

$$F_{rB} = 34,589 \text{ N}, \quad F_{rC} = 1,125 \text{ N}$$

6. Pemilihan bantalan

Karena diameter poros (d_s) = 25 mm, maka dipilih bantalan bola radial alur dalam baris tunggal berdiameter 25 mm. Jenis terbuka 6005, $d = 25$ mm, $D = 47$ mm, $B = 12$ mm dan $r = 1$ mm

3.5.2.6. Rekapitulasi Perhitungan

Motor Penggerak

- Jumlah motor penggerak : 1 buah
- Putaran motor (n_1) : 1420 rpm

Kincir penggulung benang (*reel*)

- Jumlah kincir/reel : 1 buah
- Putaran kincir/reel (n_3) : 36,5 rpm
- Panjang kincir/reel : 1720 mm

Spindle

- Jumlah spindle : 12 buah
- Putaran spindle (n_2) : 7395 rpm
- Panjang spindle : 245 mm

Sistim transmisi

V belt transmisi dari motor penggerak ke poros-antara

- Type V belt : A
- Jarak sumbu poros (C) : 400 mm
- Panjang sabuk (L) : 1321 mm
- Jumlah sabuk (Z) : 1 buah

- Bahan : Solid waven
- Umur pemakaian (H) : 4 bulan
- Berat sabuk (Wb_1) : 0,079 kg

V belt transmisi dari poros-antara ke kincir penggulung benang

- Type V belt : B
- Jarak sumbu poros : 400 mm
- Panjang sabuk : 1640 mm
- Jumlah sabuk : 1 buah
- Bahan : Solid waven
- Umur pemakaian : 12 bulan
- Berat sabuk (Wb_2) : 0,173 kg

Flat belt transmisi dari motor penggerak ke spindle

- Jarak sumbu poros rata-rata : 1128,583 mm
- Panjang sabuk : 4691 mm
- Jumlah sabuk : 1 buah
- Bahan : Rubber canvas
- Umur pemakaian : 1,5 bulan
- Berat sabuk (Wb_3) : 0,106 kg

Puli pada poros motor penggerak

Puli Besar

- Bahan : Compressed paper fiber
- Tipe : pejal
- Diameter jarak-bagi (Dp) : 125 mm
- Diameter luar (Dk) : 130 mm
- Diameter dalam (Dd) : 110 mm
- Lebar puli (B) : 16 mm
- Berat puli (Wp_1) : 0,191 kg

Puli Kecil

- Bahan : Compressed paper fiber
- Tipe : pejal
- Diameter jarak-bagi : 40 mm
- Diameter luar : 47 mm

- Diameter dalam : 22 mm
- Lebar puli : 36 mm
- Berat puli (W_{p2}) : 0,056 kg

Puli pada poros-antara

Puli Besar

- Bahan : Compressed paper fiber
- Tipe : berongga
- Diameter jarak-bagi : 270 mm
- Diameter luar : 277 mm
- Diameter dalam : 252 mm
- Diameter hub (DB) : 35 mm
- Lebar puli : 36 mm
- Panjang hub (L) : 24 mm
- Banyaknya ruji/spoke (A) : 3 buah
- Berat puli (W_{p3}) : 0,641 kg

Puli kecil

- Bahan : Wooden (Kayu ash)
- Tipe : pejal
- Diameter jarak-bagi : 75 mm
- Diameter luar : 85 mm
- Diameter dalam : 53 mm
- Lebar puli : 45 mm
- Berat puli (W_{p4}) : 0,183 kg

Puli pada poros kincir penggulung benang

- Bahan : Compressed paper fiber
- Tipe : berongga
- Diameter jarak-bagi : 450 mm
- Diameter luar : 460 mm
- Diameter dalam : 428 mm
- Diameter hub : 52 mm
- Lebar puli : 45 mm
- Panjang hub : 39 mm

- Banyaknya ruji/spoke	: 4 buah
- Berat puli (W_{p5})	: 1,79 kg
Poros motor	
- Diameter (d_s)	: 10 mm
- Panjang (L)	: 119 mm
- Bahan	: S 35 C-D
- Berat (W_{p01})	: 0,057 kg
Poros-antara	
- Diameter	: 15 mm
- Panjang	: 158 mm
- Bahan	: S 35 C-D
- Berat (W_{p02})	: 0,15 kg
Poros kincir/reel	
- Diameter	: 25 mm
- Panjang	: 1778 mm
- Bahan	: S 35 C-D
- Berat (W_{p03})	: 6,28 kg
Pasak pada poros-antara	
- Bahan	: S 30 C
- Panjang (Lk)	: 14 mm
- Lebar (b)	: 5 mm
- Tinggi (h)	: 5 mm
- Kedalaman alur pada poros (t_1)	: 3 mm
- Kedalaman alur pada naf (t_2)	: 2,3 mm
Pasak pada poros kincir/reel	
- Bahan	: S 30 C
- Panjang	: 22 mm
- Lebar	: 7 mm
- Tinggi	: 7 mm
- Kedalaman alur pada poros	: 4 mm
- Kedalaman alur pada naf	: 3,5 mm

Bantalan pada poros-antara

- Jenis bantalan : Bantalan gelinding (elemen gelinding bola)
- Nomor bantalan : 6002
- Diameter dalam (d) : 15 mm
- Diameter luar (D) : 32 mm
- Lebar (B) : 9 mm
- Radius (r) : 0,5 mm

Bantalan pada poros kincir/reel

- Jenis bantalan : Bantalan gelinding (elemen gelinding bola)
- Nomor bantalan : 6005
- Diameter dalam (d) : 25 mm
- Diameter luar (D) : 47 mm
- Lebar (B) : 12 mm
- Radius (r) : 1 mm

Untuk dimensi rangka alat puntir, tempat dudukan spindle dan pengatur gulungan benang ditentukan sesuai kebutuhan.

3.6. ANALISA EKONOMI TEKNIK

3.6.1. Menentukan Harga Pokok Produksi

Prosentase biaya pembuatan alat puntir benang sutera secara global adalah : biaya komponen 60 %, biaya upah kerja 20 %, biaya perakitan 10 % dan biaya tak terduga 10 %. Untuk menentukan biaya manufakturing perlu dilakukan analisa buat atau beli. Analisa ini bermaksud untuk menekan biaya produksi, karena dengan analisa buat atau beli kita dapat menghemat investasi peralatan produksi.

Tabel 3.11. Analisa buat atau beli dari komponen produk alat puntir benang sutera

No.	Komponen	Jumlah	Buat	Beli
1.	Rangka alat	1	×	
2.	Kincir penggulung benang (<i>reel</i>)	1	×	
3.	Tempat dudukan spindle	1	×	
4.	Pengatur gulungan benang	1	×	
5.	Puli kayu	3	×	

6.	Poros Kincir	1	×	
7.	Poros-antara	1	×	
8.	Poros motor	1	×	
9.	Motor penggerak	1		×
10.	Sabuk	3		×
11.	Puli	4		×
12.	Bantalan	3		×
13.	Alat penghitung banyaknya gulungan benang	1		×
14.	Spindle	12		×
15.	Palet/bobbin	12		×
16.	Guide spindle	5		×
17.	Saklar on/off	1		×
18.	Kabel	1		×
19.	Mur/baut	5		×

Tabel 3.12. Daftar kebutuhan material dan perkiraan biaya (dalam ribuan)

No.	Komponen	Pembelian Material Rp	Proses Pembuatan Rp	Perakitan Rp	Total satuan variabel cost Rp	Biaya tetap Rp	Total unit cost Rp
1.	Rangka alat	240	80	40	360		360
2.	Kincir penggulung benang (<i>reel</i>)	180	36	18	162		162
3.	Tempat dudukan spindle	15	5	2,5	22,5		22,5
4.	Pengatur gulungan benang	7,5	-	1,3	8,8		8,8
5.	Puli kayu	3,6	1,2	0,6	5,4		5,4
6.	Poros Kincir	15,9	5,3	2,65	23,85		23,85
7.	Poros-antara	3,6	1,2	0,6	16,2		16,2
8.	Poros motor	3,6	1,2	0,6	16,2		16,2
9.	Motor penggerak	375	-	3,5	378,5		378,5
10.	Sabuk	55	-	3,5	58,5		58,5
11.	Puli	40	-	5,5	45,5		45,5

12.	Bantalan	15	-	5,5	20,5		20,5
13.	Alat penghitung banyaknya gulungan benang	12	-	0,5	12,5		12,5
14.	Spindle	240	-	9,6	249,6		249,6
15.	Palet/bobbin	14,4	-	-	14,4		14,4
16.	Guide spindle	35	-	4	39		39
17.	Saklar on/off	12	-	1	13		13
18.	Kabel	7,5	-	1	8,5		8,5
19.	Mur/baut	7,5	-	1	8,5		8,5
20.	Investasi tools/unit					75	75
21.	Total biaya langsung	1210,6	129,9	101,3	1441,8		1441,8
22.	Biaya tidak terduga				151,5		151,5
23.	Total cost	1210,6	129,9	101,3	1593,3	75	1668,3

Jadi harga pokok produksi per unitnya = Rp. 1.668.300,-

3.6.2. Analisa *Break Event Point (BEP)* / Titik Impas

Analisa kuantitatif pengembangan dan penjualan

Di dalam menganalisa secara kuantitatif dari pengembangan dan penjualan produk maka dibuat model kuantitatifnya. Adapun data-data yang digunakan dalam membuat model kuantitatif tersebut adalah :

1. Biaya pengembangan dan investasi : Rp. 7.460.000,-
2. Biaya operasi dan perawatan : Rp. 12.540.000,-/tahun
3. Volume produksi : 72 unit/tahun
4. Harga pokok produksi : Rp. 1.668.300,-
5. Volume penjualan : 72 unit/tahun
6. Harga pokok penjualan : Rp. 1.919.000,-/unit

Tabel 3.13. Rincian biaya investasi, biaya pengembangan, biaya operasi dan biaya perawatan pada pembuatan produk APBS

No.	Biaya-biaya	Uraian	Harga
1.	Biaya Investasi	2 Buah mesin las @ Rp. 2.390.00,-	Rp. 4.780.000,-
		1 Mesin pembuat puli (khusus untuk puli kayu)	Rp. 596.700,-
		1 Mesin ketam listrik	Rp. 415.000,-
2.	Biaya pengembangan	1 unit prototype APBS	Rp. 1.668.300,-
Total biaya investasi + biaya pengembangan			Rp. 7.460.000,-
3.	Biaya operasi	3 operator manufaktur	Rp. 915.000,-/bulan
4.	Biaya perawatan	Mesin-mesin produksi (mesin las, mesin pembuat puli dan mesin ketam)	Rp. 130.000,-/bulan
Total biaya operasi + biaya perawatan			Rp. 1.045.000,-/bulan

Analisa kualitatif pengembangan dan penjualan produk

Pada analisa kualitatif, akan terjadi interaksi antara proyek ini dengan :

1. Ekonomi :

- *Industrial Organization.*
- *Dalam macro economic environment.*
- Kesejahteraan masyarakat.

2. Perusahaan :

- Adanya *sustainability* perusahaan.
- Menciptakan pekerjaan baru (adanya difersivikasi).
- Terbentuknya suatu keuntungan, kesejahteraan, dan nilai suatu saham.

3. Pasar :

- Timbulnya biaya marketing dan distribusi.
- Terjadinya *market share*.
- Terbentuknya harga.

Suatu proyek disebut dalam keadaan pulang pokok (impas), bila hasil penjualan produknya sama besar dengan ongkos produksinya. Dengan kata lain bahwa tidak terjadi keuntungan tetapi juga tidak mengalami kerugian.

Tujuan dari perhitungan *BEP* ini adalah :

- Menentukan jumlah produk/kapasitas produksi sehingga tidak akan mengalami kerugian.
- Pada saat jumlah produk tertentu, dapat diperkirakan berapa keuntungan yang akan diperoleh.

Untuk menghitung jumlah produk minimal yang harus diproduksi supaya proyek dalam keadaan pulang pokok, maka harus dihitung lebih dahulu tingkat *BEP* dalam persen, kemudian dikalikan dengan kapasitas produksinya.

BEP dihitung dengan formulasi sebagai berikut :

$$BEP = \frac{TFC}{TS - TVC} \cdot 100 \%$$

dimana :

TFC = *Total Fix Cost*

TS = *Total Sales*

TVC = *Total Variabel Cost*

TFC = Biaya pengembangan dan investasi + biaya operasi dan perawatan

= Rp. 7.460.000,- + Rp. 12.540.000,-

= Rp. 20.000.000,-

TS = *Sales volume x Unit price*

= 72 unit x Rp. 1.919.000,-

= Rp. 138.168.000,-

TVC = *Production volume x Unit cost*

= 72 unit x Rp. 1.668.300,-

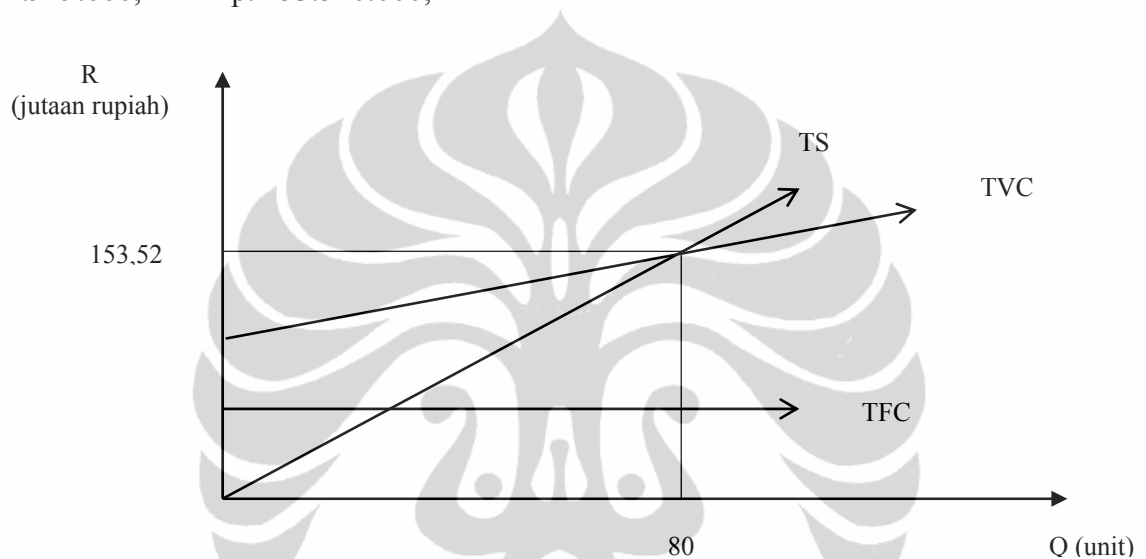
= Rp. 120.117.600,-

$$\text{BEP} = \{ \text{Rp. } 20.000.000 / (\text{Rp. } 138.168.000 - \text{Rp. } 120.117.600) \} \times 100 \% \\ = 110,8 \%$$

Jadi jumlah produksi yang dapat memenuhi target BEP adalah :

$$= 110,8 \% \times \text{Production volume} \\ = 110,8 \% \times 72 \text{ unit} \\ = 79,77 \text{ unit}$$

Pembulatan target BEP = **80 unit**, dengan nilai penjualan = 80 unit x Rp. 1.919.000,- = Rp. 153.520.000,-



Gambar 3.14. Grafik Break Event Point

3.6.3. Estimasi Cash Flow Pengembangan Dan Penjualan Produk

Untuk *cash flow* pengembangan dan penjualan produk alat puntir benang sutera, diestimasi 3 periode (masing-masing 1 tahun) dan setiap periode (1 tahun) dibagi menjadi 4 kuartal sehingga besarnya masing-masing kuartal adalah 3 bulan, dengan suku bunga 12 % per tahun, seperti pada tabel 3.14 :

3.6.4. Perhitungan Nilai Bersih Saat Ini (*Net Present Value / NPV*)

Dengan cara melihat nilai sekarang (periode ke – 0) dari suatu *cash flow*, maka dapat dianalisa apakah proyek tersebut untung atau rugi.

$$NPV = \text{Net Present Benefit} - \text{Net Present Cost}$$

Nilai NPV dari proyek pengembangan produk dengan suku bunga 12 % seperti pada tabel 3.15 dibawah ini :



3.7. MANAJEMEN PROYEK PENGEMBANGAN PRODUK

Dalam manajemen proyek pengembangan produk alat puntir benang sutera digunakan metode CPM (*Critical Path Method*), elemen-elemen penting dalam penjadwalan dan pembuatan jaringan kerja adalah :

3.7.1. Estimasi Waktu

Estimasi waktu ditentukan berdasarkan pengalaman yang pernah dikerjakan untuk pengembangan produk yang serupa, sehingga setiap aktivitas dapat diperkirakan waktunya seperti pada tabel 3.16.

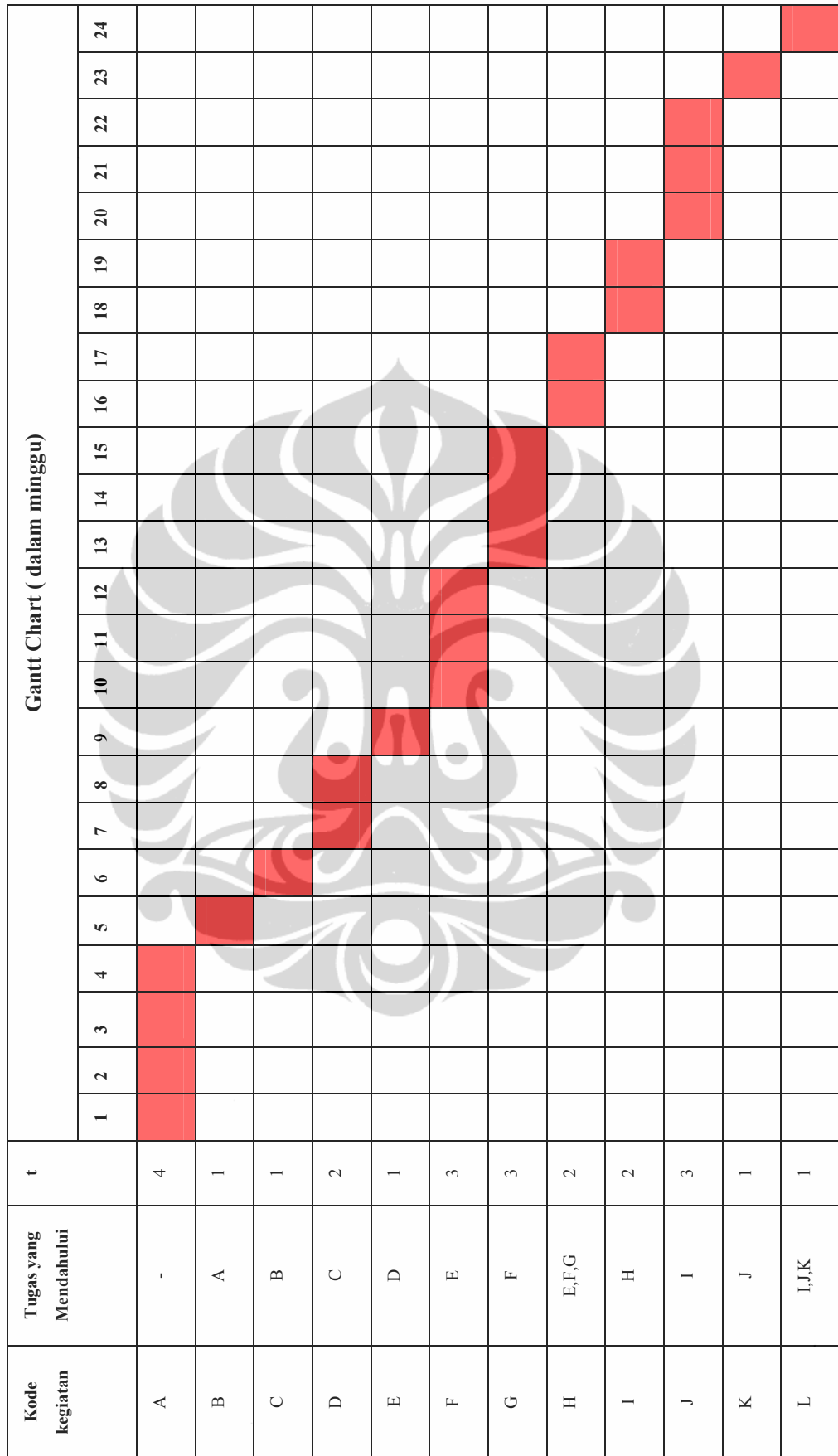
Tabel 3.16. Estimasi waktu setiap aktivitas pengembangan

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Tugas yang mendahului	Estimasi waktu/t (dalam minggu)
1.	Identifikasi kebutuhan konsumen	A	-	4
2.	Penyusunan konsep rancangan produk	B	A	1
3.	Pemilihan konsep rancangan produk	C	B	1
4.	Pengujian konsep rancangan produk	D	C	2
5.	Penegasan spesifikasi produk	E	D	1
6.	Desain produk alat puntir benang sutera	F	E	3
7.	Gambar teknik	G	F	3
8.	Desain manufaktur alat puntir benang sutera	H	E,F,G	2
9.	Pengadaan sarana produksi	I	H	2
10.	Pembuatan prototipe	J	I	3
11.	Pengujian prototipe	K	J	1
12.	Permulaan produksi	L	I,J,K	1

3.7.2. Gantt Chart (Scheduling Activity)

Gantt chart merupakan suatu bagan/diagram untuk menjelaskan waktu pelaksanaan masing-masing tugas dari permulaan hingga akhir, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.17. Gantt Chart pengembangan produk Alat puntir benang sutera



3.7.3. Lintasan Kritis / Critical Path Method (CPM)

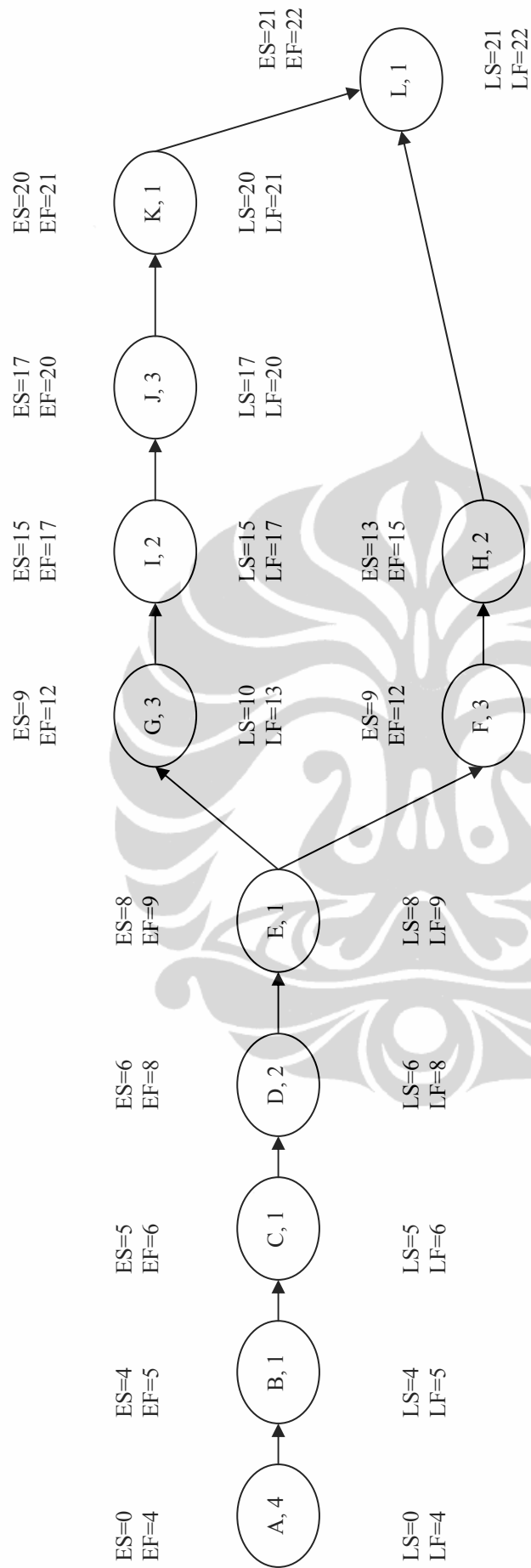
Merupakan metode untuk mengetahui aktivitas-aktivitas kritis. Keterlambatan satu aktivitas kritis dapat mengakibatkan perubahan jadwal/tertundanya penyelesaian tugas proyek, seperti pada tabel dan gambar dibawah ini :

Lintasan Kritis / Critical Path Method (CPM)

Tabel 3.18. CPM pengembangan produk alat puntir benang sutera

Kode	Tugas yang mendahului	t	Detail				ES – LS	EF – LF	Critical Path
			Early		Last				
			ES	EF	LS	LF			
A	-	4	0	4	0	4	0	0	C
B	A	1	4	5	4	5	0	0	C
C	B	1	5	6	5	6	0	0	C
D	C	2	6	8	6	8	0	0	C
E	D	1	8	9	8	9	0	0	C
F	E	3	9	12	10	13	1	1	NC
G	F	3	9	12	10	13	1	1	NC
H	E,F,G	2	13	15	13	15	0	0	C
I	H	2	15	17	15	17	0	0	C
J	I	3	17	20	17	20	0	0	C
K	J	1	20	21	20	21	0	0	C
L	I,J,K	1	21	22	21	22	0	0	C

Keterangan : ES = Early Start; LS = Last Start; C = Critical Path
 EF = Early Finish LF = Last Finish; NC = No Critical Path



**Gambar 3.15. Lintasan kritis aktivitas pengembangan produk
Alat puntir benang sutera**

3.8. UJI TEKNIK PROTOTIPE ALAT PUNTIR BENANG SUTERA

Penelitian ini bertujuan untuk memperkenalkan teknologi dari alat puntir benang sutera. Untuk itu maka kegiatan yang dilakukan antara lain mendesain, membuat dan menguji coba prototipe alat puntir benang tersebut.

Pembuatan prototipe dilakukan di Bengkel Sardi yang beralamat di jalan Kemakmuran No. 34 Atapange-Majauleng, kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. Pelaksanaan pengujian dilakukan di daerah petenun/perajin sutera desa Pakkanna kecamatan Tanasitolo, kabupaten Wajo, provinsi Sulawesi Selatan. Uji teknis dilakukan dengan menggunakan benang sutera Denier 28.

3.8.1. Pelaksanaan Pengujian

- Uji teknis dilakukan tanggal 7 September 2006
- Modifikasi pada kincir (*reel*) penggulung benang tanggal 2 Oktober 2006
- Uji teknis dilakukan tanggal 9 Oktober 2006

3.8.2. Alat/Bahan Yang Digunakan

1. Prototipe alat puntir benang sutera
2. Alat puntir tradisional
3. Stop watch/jam
4. Benang sutera Denier 28
5. Timbangan

3.8.3. Pengamatan

- Kapasitas benang yang dihasilkan
- Banyaknya gulungan benang yang sudah tergulung pada kincir (*reel*)

3.8.4. Proses Pengujian

Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, baik untuk alat puntir tradisional maupun prototipe alat puntir benang sutera. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.19. Hasil pengukuran waktu proses *twisting* dan *re-reeling* dengan cara tradisional untuk benang sutera Denier 28 dengan 1 orang tenaga kerja

No	Proses	Waktu pengujian (jam/kg benang)					Waktu proses	Total waktu
		I	II	III	IV	V		
1	<i>Twisting</i>	90' 00"	84' 00"	84' 00"	78' 00"	96' 00"	432' 00"	696' 00"
2	<i>Re-reeling</i>	54' 00"	54' 00"	48' 00"	48' 00"	60' 00"	264' 00"	

Tabel 3.20. Hasil pengukuran waktu proses *twisting* dan *re-reeling* dengan menggunakan prototipe alat puntir benang sutera untuk benang sutera Denier 28 dengan 1 orang tenaga kerja

No	Proses	Waktu pengujian (jam/kg benang)					Waktu proses	Total waktu
		I	II	III	IV	V		
1	Menggunakan prototipe	10' 10"	9' 23"	9' 41"	10' 07"	9' 35"	48' 56"	48' 56"

Tabel 3.21. Hasil pengamatan banyaknya gulungan benang yang sudah tergulung pada kincir (*reel*) dengan 1 orang tenaga kerja

No.	Proses	Pengamatan	Tingkat ketelitian pengamatan
1	Cara tradisional	Dihitung sendiri sambil benang digulung	Kurang teliti
2	Menggunakan prototipe	Dilihat pada alat penghitung gulung benang	Lebih teliti

3.8.4.1. Uji Verifikasi

Sumber Daya :

- Motor penggerak : Single Phase AC. Induction Motor
- Tipe : JY 09 A – 4
- Daya : 2/5 HP
- Frekwensi : 50 Herzt
- Putaran : 1420 Rpm
- Tegangan : 110/220 Volt
- Arus : 4,8/2,4 Amper
- Rating : Cont.

- Class : E
- Maker : Xian Micromotor MFG, The Peoples Republic of China

3.8.4.2. Uji Pelayanan

Untuk mengoperasikan prototipe alat puntir benang sutera dibutuhkan 1 orang tenaga kerja. Selama pengoperasian tingkat keamanan tenaga kerja dirasa cukup aman, karena bagian-bagian prototipe yang berbahaya sebagian terlindung dari rangka.

3.8.4.3. Uji Kestinambungan

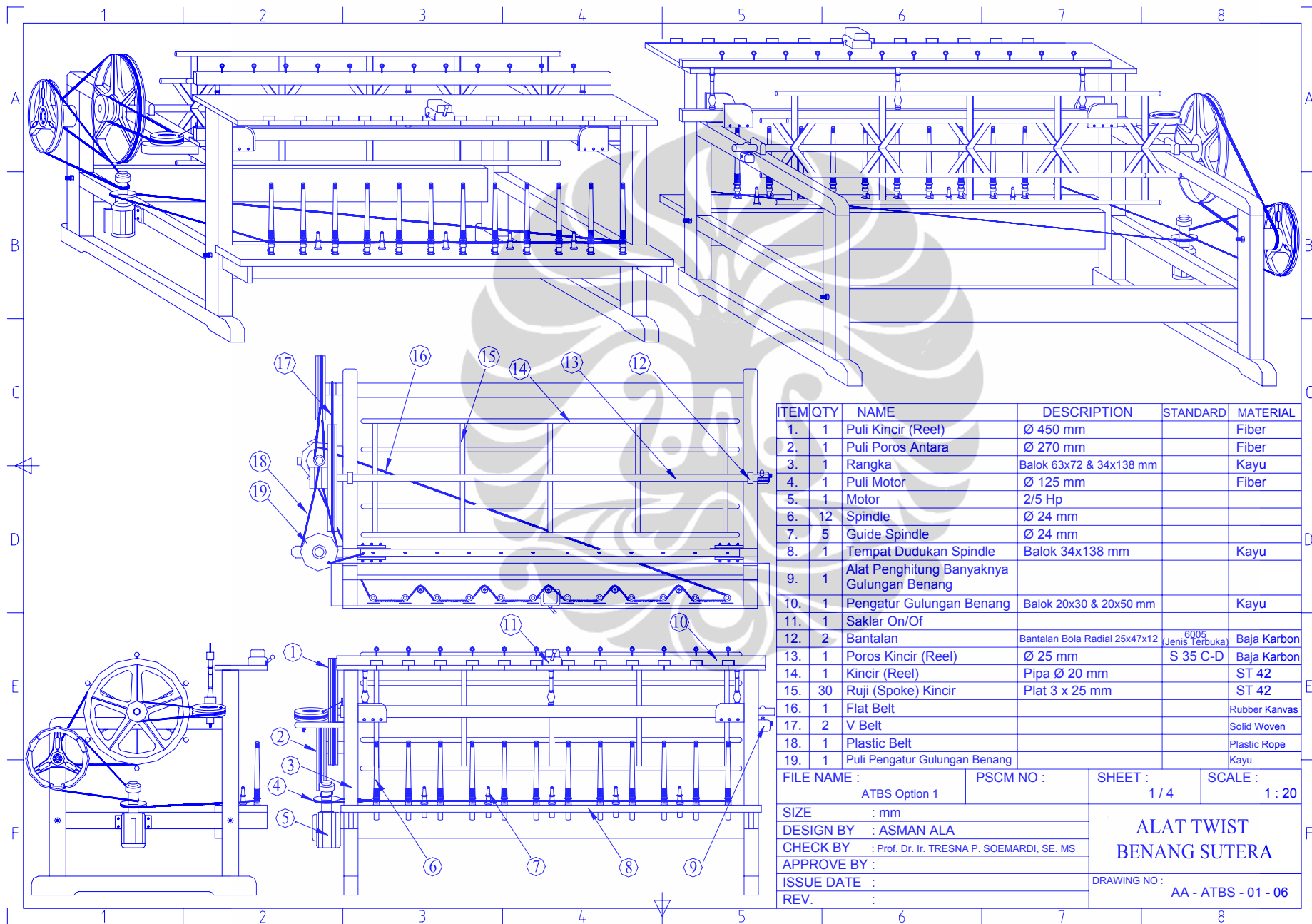
Setelah dilakukan uji kestinambungan dimana prototipe dioperasikan selama 8 jam berturut-turut, didapati kincir (*reel*) penggulung benang melengkung akibat daya cengkeram daripada benang yang sudah tergulung, hal ini dikarenakan ruji (*spoke*) kincir yang dipasang sedikit.

Tabel 3.14. Estimasi Cash Flow pengembangan dan penjualan produk alat puntir benang sutera (dalam juta rupiah)

Nilai dalam jutaan Rupiah	Tahun 1				Tahun 2				Tahun 3				Tahun 4			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Biaya pengembangan	-0,417	-0,417	-0,417	-0,417												
Biaya invstasi	-1,448	-1,448	-1,448	-1,448												
Biaya operasi					-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745
Biaya perawatan					-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390
Volume produksi					18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Harga pokok produksi					-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683
Biaya pokok produksi					-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029
Volume penjualan					18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Harga pokok penjualan					1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919
Pendapatan Penjualan					34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542
Cash flow per-periode	-1,865	-1,865	-1,865	-1,865	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776

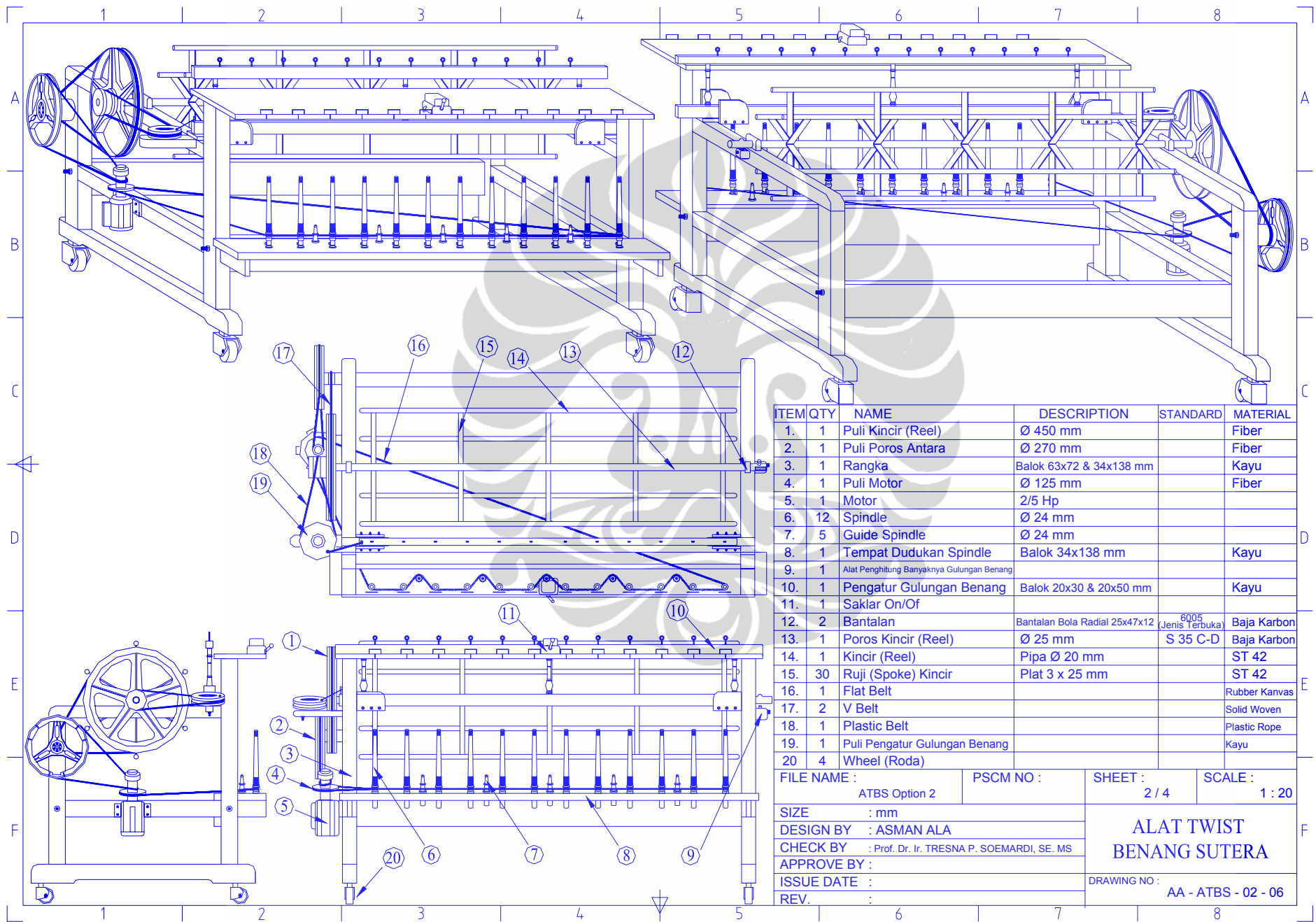
Tabel 3.15. NPV Proyek pengembangan produk alat puntir benang sutera dengan suku bunga 12 % (dalam jutaan rupiah)

Nilai dalam jutaan Rupiah	Tahun 1				Tahun 2				Tahun 3				Tahun 4			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Biaya pengembangan	-0,417	-0,417	-0,417	-0,417												
Biaya invstasi	-1,448	-1,448	-1,448	-1,448												
Biaya operasi					-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745	-2,745
Biaya perawatan					-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390	-0,390
Volume produksi					18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Harga pokok produksi					-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683	-1,6683
Biaya pokok produksi					-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029	-30,029
Volume penjualan					18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Harga pokok penjualan					1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919
Pendapatan Penjualan					34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542	34,542
Cash flow per-periode	-1,865	-1,865	-1,865	-1,865	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776	1,3776
PV per-periode (i = 12 % / tahun)	-1,865	-1,8106	-1,7579	-1,7067	1,3776	1,3374	1,2985	1,2606	1,2239	1,1883	1,1537	1,1201	1,0875	1,0558	1,0251	0,9952
PV kumulatif	-1,865	-3,6756	-5,4335	-7,1402	-5,7626	-4,4252	-3,1267	-1,8660	-0,6421	0,5462	1,6999	2,8200	3,9075	4,9633	5,9884	6,9836
NPV (Year-3)	2,8200															



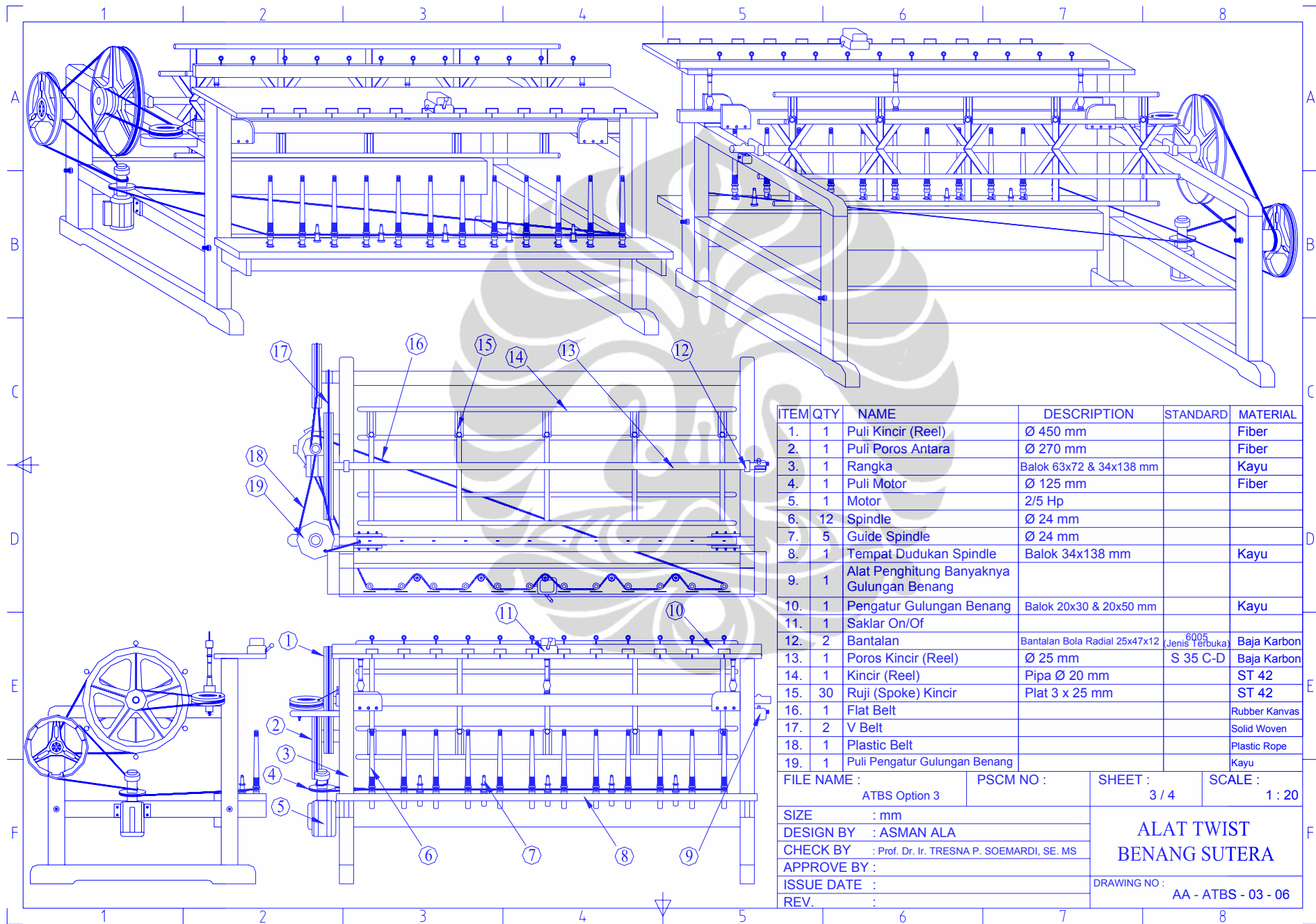
ITEM	QTY	NAME	DESCRIPTION	STANDARD	MATERIAL
1.	1	Puli Kincir (Reel)	Ø 450 mm		Fiber
2.	1	Puli Poros Antara	Ø 270 mm		Fiber
3.	1	Rangka	Balok 63x72 & 34x138 mm		Kayu
4.	1	Puli Motor	Ø 125 mm		Fiber
5.	1	Motor	2/5 Hp		
6.	12	Spindle	Ø 24 mm		
7.	5	Guide Spindle	Ø 24 mm		
8.	1	Tempat Dudukan Spindle	Balok 34x138 mm		Kayu
9.	1	Alat Penghitung Banyaknya Gulungan Benang			
10.	1	Pengatur Gulungan Benang	Balok 20x30 & 20x50 mm		Kayu
11.	1	Saklar On/Of			
12.	2	Bantalan	Bantalan Bola Radial 25x47x12	6005 (Jenis Terbuka)	Baja Karbon
13.	1	Poros Kincir (Reel)	Ø 25 mm	S 35 C-D	Baja Karbon
14.	1	Kincir (Reel)	Pipa Ø 20 mm		ST 42
15.	30	Ruji (Spoke) Kincir	Plat 3 x 25 mm		ST 42
16.	1	Flat Belt			Rubber Kanvas
17.	2	V Belt			Solid Woven
18.	1	Plastic Belt			Plastic Rope
19.	1	Puli Pengatur Gulungan Benang			Kayu

FILE NAME :	ATBS Option 1	PSCM NO :		SHEET :	1 / 4	SCALE :	1 : 20
SIZE :	mm						
DESIGN BY :	ASMAN ALA						
CHECK BY :	Prof. Dr. Ir. TRESNA P. SOEMARDI, SE. MS						
APPROVE BY :							
ISSUE DATE :							
REV. :							
				DRAWING NO :		AA - ATBS - 01 - 06	



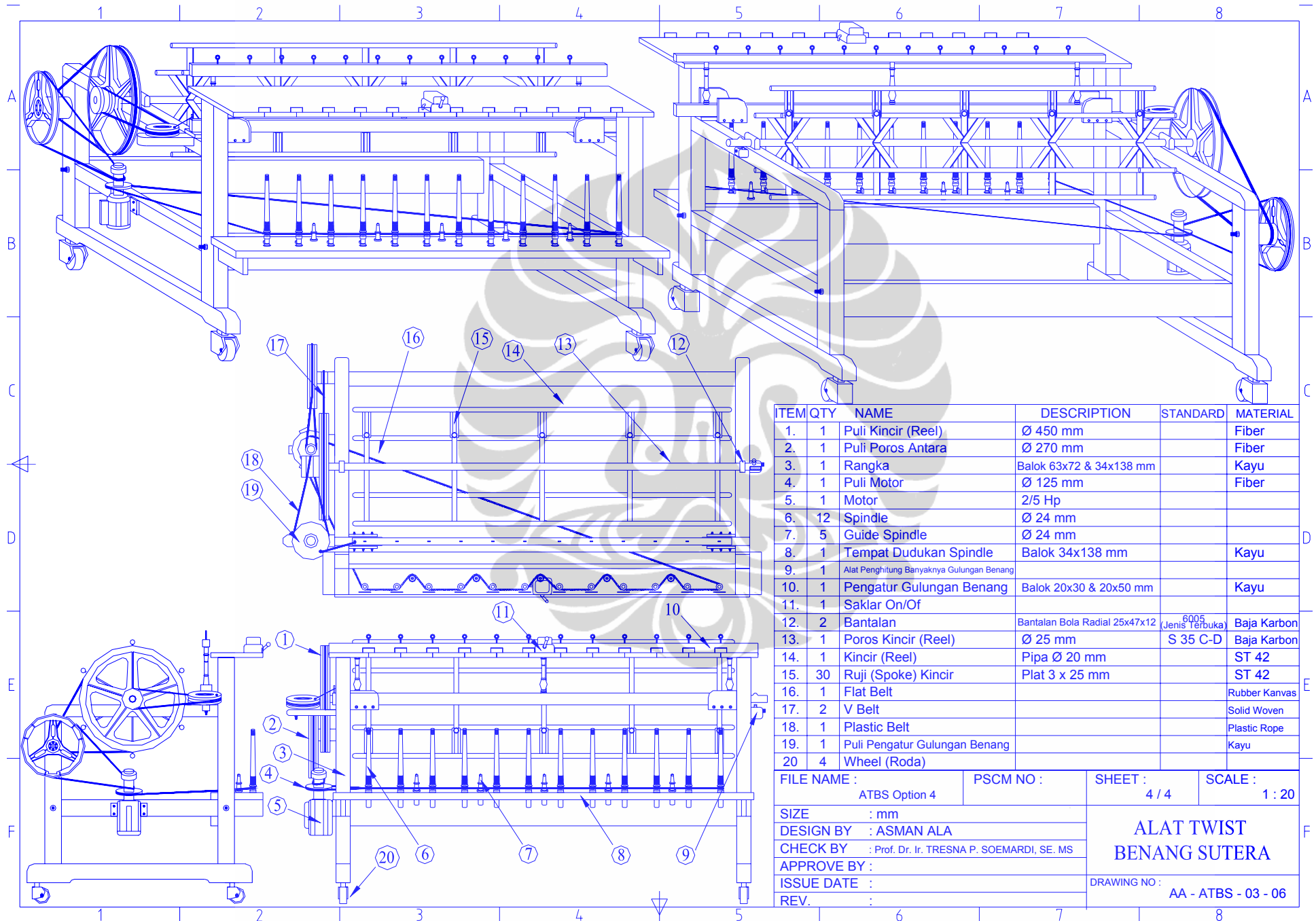
ITEM	QTY	NAME	DESCRIPTION	STANDARD	MATERIAL
1.	1	Puli Kincir (Reel)	Ø 450 mm		Fiber
2.	1	Puli Poros Antara	Ø 270 mm		Fiber
3.	1	Rangka	Balok 63x72 & 34x138 mm		Kayu
4.	1	Puli Motor	Ø 125 mm		Fiber
5.	1	Motor	2/5 Hp		
6.	12	Spindle	Ø 24 mm		
7.	5	Guide Spindle	Ø 24 mm		
8.	1	Tempat Dudukan Spindle	Balok 34x138 mm		Kayu
9.	1	Alat Penghitung Banyaknya Gulungan Benang			
10.	1	Pengatur Gulungan Benang	Balok 20x30 & 20x50 mm		Kayu
11.	1	Saklar On/Of			
12.	2	Bantalan	Bantalan Bola Radial 25x47x12		Baja Karbon
13.	1	Poros Kincir (Reel)	Ø 25 mm	S 35 C-D	Baja Karbon
14.	1	Kincir (Reel)	Pipa Ø 20 mm		ST 42
15.	30	Ruji (Spoke) Kincir	Plat 3 x 25 mm		ST 42
16.	1	Flat Belt			Rubber Karvas
17.	2	V Belt			Solid Woven
18.	1	Plastic Belt			Plastic Rope
19.	1	Puli Pengatur Gulungan Benang			Kayu
20.	4	Wheel (Roda)			

FILE NAME :	ATBS Option 2	PSCM NO :	SHEET :	SCALE :
SIZE :	mm		2 / 4	1 : 20
DESIGN BY :	ASMAN ALA	ALAT TWIST BENANG SUTERA		
CHECK BY :	Prof. Dr. Ir. TRESNA P. SOEMARDI, SE. MS			
APPROVE BY :		DRAWING NO :		
ISSUE DATE :		AA - ATBS - 02 - 06		
REV. :				



ITEM	QTY	NAME	DESCRIPTION	STANDARD	MATERIAL
1.	1	Puli Kincir (Reel)	Ø 450 mm		Fiber
2.	1	Puli Poros Antara	Ø 270 mm		Fiber
3.	1	Rangka	Balok 63x72 & 34x138 mm		Kayu
4.	1	Puli Motor	Ø 125 mm		Fiber
5.	1	Motor	2/5 Hp		
6.	12	Spindle	Ø 24 mm		
7.	5	Guide Spindle	Ø 24 mm		
8.	1	Tempat Dudukan Spindle	Balok 34x138 mm		Kayu
9.	1	Alat Penghitung Banyaknya Gulungan Benang			
10.	1	Pengatur Gulungan Benang	Balok 20x30 & 20x50 mm		Kayu
11.	1	Saklar On/Of			
12.	2	Bantalan	Bantalan Bola Radial 25x47x12	Jenis 6005 Terbuka	Baja Karbon
13.	1	Poros Kincir (Reel)	Ø 25 mm	S 35 C-D	Baja Karbon
14.	1	Kincir (Reel)	Pipa Ø 20 mm		ST 42
15.	30	Ruji (Spoke) Kincir	Plat 3 x 25 mm		ST 42
16.	1	Flat Belt			Rubber Kanvas
17.	2	V Belt			Solid Woven
18.	1	Plastic Belt			Plastic Rope
19.	1	Puli Pengatur Gulungan Benang			Kayu

FILE NAME :	ATBS Option 3	PSCM NO :	SHEET :	SCALE :
SIZE :	: mm		3 / 4	1 : 20
DESIGN BY :	ASMAN ALA	ALAT TWIST BENANG SUTERA		
CHECK BY :	Prof. Dr. Ir. TRESNA P. SOEMARDI, SE. MS			
APPROVE BY :				
ISSUE DATE :		DRAWING NO :	AA - ATBS - 03 - 06	
REV. :				



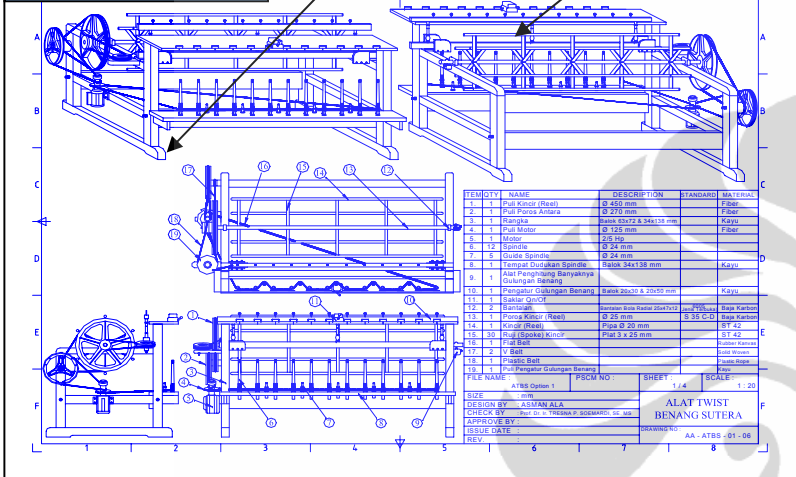
ITEM	QTY	NAME	DESCRIPTION	STANDARD	MATERIAL
1.	1	Puli Kincir (Reel)	Ø 450 mm		Fiber
2.	1	Puli Poros Antara	Ø 270 mm		Fiber
3.	1	Rangka	Balok 63x72 & 34x138 mm		Kayu
4.	1	Puli Motor	Ø 125 mm		Fiber
5.	1	Motor	2/5 Hp		
6.	12	Spindle	Ø 24 mm		
7.	5	Guide Spindle	Ø 24 mm		
8.	1	Tempat Dudukan Spindle	Balok 34x138 mm		Kayu
9.	1	Alat Penghitung Banyaknya Gulungan Benang			
10.	1	Pengatur Gulungan Benang	Balok 20x30 & 20x50 mm		Kayu
11.	1	Saklar On/Of			
12.	2	Bantalan	Bantalan Bola Radial 25x47x12	6005 (Jenis Terbuka)	Baja Karbon
13.	1	Poros Kincir (Reel)	Ø 25 mm	S 35 C-D	Baja Karbon
14.	1	Kincir (Reel)	Pipa Ø 20 mm		ST 42
15.	30	Ruji (Spoke) Kincir	Plat 3 x 25 mm		ST 42
16.	1	Flat Belt			Rubber Kanvas
17.	2	V Belt			Solid Woven
18.	1	Plastic Belt			Plastic Rope
19.	1	Puli Pengatur Gulungan Benang			Kayu
20.	4	Wheel (Roda)			

FILE NAME :	ATBS Option 4	PSCM NO :		SHEET :	4 / 4	SCALE :	1 : 20
SIZE :	mm	ALAT TWIST BENANG SUTERA					
DESIGN BY :	ASMAN ALA						
CHECK BY :	Prof. Dr. Ir. TRESNA P. SOEMARDI, SE. MS						
APPROVE BY :							
ISSUE DATE :		DRAWING NO :					
REV. :		AA - ATBS - 03 - 06					

Stand
- tdk ada roda

Reel
- tdk bisa turun-naik

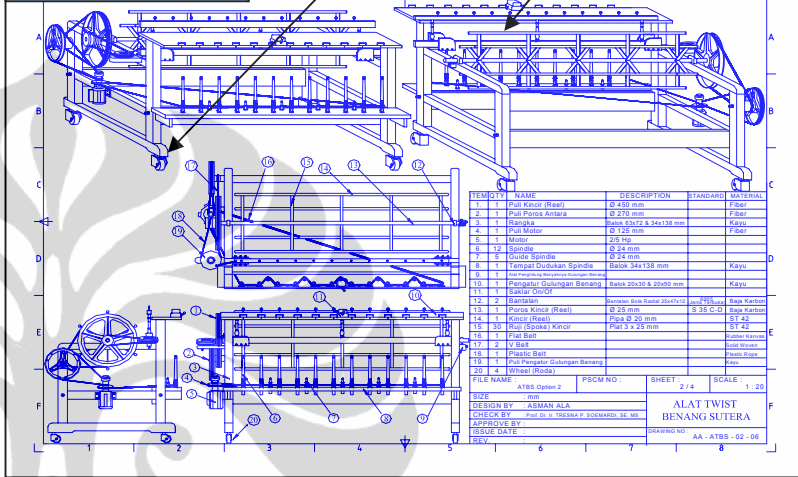
KONSEP A



Stand
- ada roda

Reel
- tdk bisa turun-naik

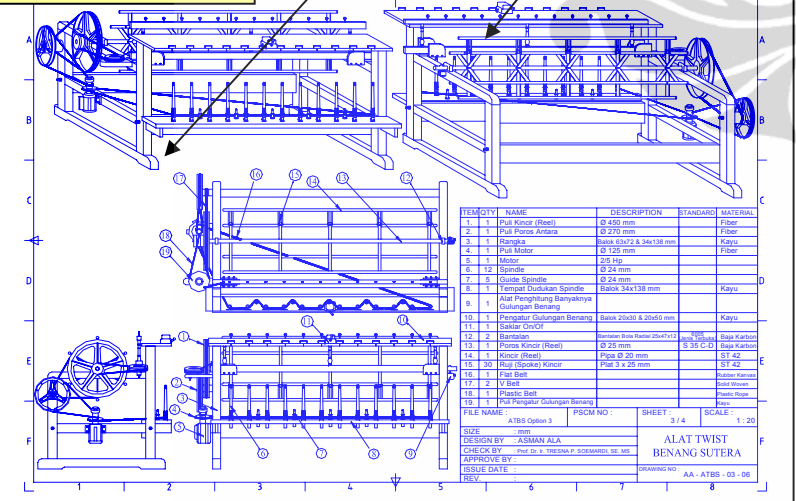
KONSEP B



Stand
- tdk ada roda

Reel
- bisa turun-naik

KONSEP C



Stand
- ada roda

Reel
- bisa turun-naik

KONSEP D

