

Perancangan dan Pengembangan Produk Alat Puntir Benang Sutera

Danardono A.S., Asman Ala, Tresna P. Soemardi

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16424

E-mail : danardon@eng.ui.ac.id; tresdi@eng.ui.ac.id.

Abstrak

Pada dasarnya tahapan-tahapan proses persiapan pertenunan dilakukan melalui 10 (sepuluh) tahapan yaitu : penggulungan (reeling), pengelosan, perangkapan (doubling), memberi puntiran (twisting), penggulungan-kembali (re-reeling), pemasakan (degumming), pencelupan/pewarnaan, penganjian (sizing), penghanian dan pencucukan. Oleh karena dari kesepuluh tahapan tersebut di atas terdapat dua tahapan yang dapat digabungkan dalam suatu alat (tahapan twisting dan tahapan re-reeling), maka kedua tahapan tersebut dirasa kurang efisien apabila dilakukan satu per-satu, sehingga perlu dilakukan perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera. Alat ini dapat memberi puntiran pada benang sutera dan sekaligus menggulung benang tersebut. Untuk mewujudkan proses persiapan pertenunan dengan menggunakan alat yang dimaksud, telah dilakukan perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera dengan menggunakan metode Ulrich-Eppinger. Metode ini melalui beberapa tahapan, yaitu : Identifikasi kebutuhan konsumen, penyusunan dan pemilihan konsep rancangan produk, melakukan rancangan proses manufaktur, pembuatan prototipe dan uji lapangan. Adapun uji lapangannya terdiri dari : uji banding terhadap proses persiapan pertenunan cara tradisional/uji unjuk kerja (performance), uji verifikasi, uji pelayanan (handling) dan uji beban berkesinambungan (continuous loading). Di samping itu juga telah dilakukan analisa ekonomi teknik dan manajemen pengembangan produk, untuk mengetahui kelayakan ekonomis serta waktu yang diperlukan dalam perancangan dan pengembangan produk alat tersebut. Dari hasil perhitungan perancangan dan uji lapangan serta analisa ekonomi diperoleh spesifikasi prototipe alat puntir benang sutera sebagai berikut : tinggi = 970 mm, panjang = 1810 mm, lebar = 950 mm, kapasitas produksi benang = 1 kg/10 jam dan harga pokok produksi per-unit prototipe sebesar Rp. 1.668.300,- serta lama waktu perancangan dan pengembangan produk adalah 24 minggu.

Kata kunci : proses persiapan pertenunan, cara tradisional, alat puntir tradisional, kurang efisien, perancangan dan pengembangan produk, alat puntir benang sutera, metode Ulrich-Eppinger, prototipe, uji lapangan.

1. PENDAHULUAN

Serat sutera merupakan serat tekstil alam yang memiliki sifat-sifat yang sangat baik, umpananya memiliki kekuatan tinggi, daya mulur tinggi, daya serapnya tinggi, pegangannya lembut, tahan kusut serta memiliki penampakan yang mewah.

Dengan sifat-sifat yang dimiliki serat sutera tersebut diatas maka penggunaan sutera sangat luas, baik untuk pakaian, benang jahit untuk operasi dan tekstil untuk rumah tangga. Namun karena harganya sangat mahal, maka pada umumnya penggunaan sutera terbatas pada pakaian wanita, kemeja pria, dasi dan sebagainya [5].

Potensi Indonesia sebagai produsen sutera alam sudah cukup baik, namun apabila ditinjau dari segi mutu benang masih ditemui beberapa kelemahan, diantaranya adalah benang tidak rata dan banyak sambungan karena benang sering putus pada saat digulung (reeling), begitu pula pada saat benang sutera ingin dipuntir/digintir (twist) dan digulung-kembali (re-reeling) memerlukan dua kali tahapan khususnya pada cara tradisional yang saat ini masih dipakai di beberapa daerah di Sulawesi Selatan. Proses memberi puntiran (twisting) pada benang sutera cara tradisional yaitu secara manual menggunakan tangan, memerlukan $3 \frac{1}{2}$ hari/kg benang sutera, sedangkan proses menggulung-kembali (re-reeling) memerlukan 2 hari/kg benang sutera, data ini diperoleh dari hasil kuesioner dengan jumlah sampel 30 orang perajin benang sutera. Sedang untuk proses memberi puntiran dan menggulung-kembali benang sutera dengan menggunakan mesin *Dae Kun DK-16 K*, untuk saat ini dirasa masih

belum sesuai, karena disamping bentuk maupun kapasitasnya sangat besar, juga faktor kemampuan daya beli petenun/perajin sutera terhadap mesin tersebut.

Oleh karena proses memberi puntiran dan menggulung-kembali benang sutera cara tradisional memerlukan dua kali tahapan, cara ini dirasa kurang efisien karena proses *twisting* dan *re-reeling* dapat digabungkan dalam suatu alat. Cara yang dimaksud yaitu dengan menggunakan alat puntir (*twist*) benang sutera. Untuk mengatasi hal ini, maka perlu dilakukan perancangan dan pengembangan produk alat puntir yang sesuai dengan kondisi di daerah yang masih memakai alat puntir tradisional. Dalam perancangan dan pengembangan produk alat puntir ini akan diperoleh prototipe dari alat puntir benang sutera tersebut.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperkenalkan teknologi tepat guna alat puntir benang sutera sebagai alternatif penggunaan alat puntir benang untuk kondisi di daerah yang sesuai (daerah yang masih memakai alat puntir/gintir tradisional).
2. Mendapatkan prototipe alat puntir benang sutera.
3. Prototipe alat lebih baik kinerjanya dibanding cara tradisional.

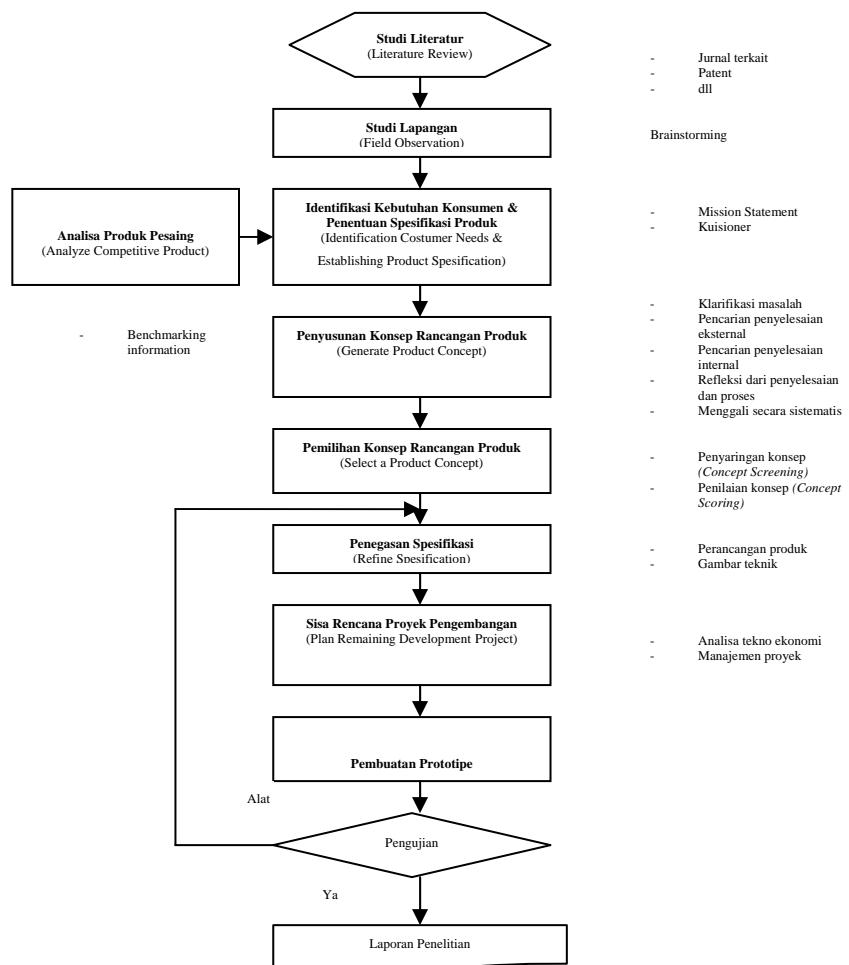
3. MANFAAT PENELITIAN

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat :

1. Dari hasil perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera ini akan diperoleh alat puntir benang yang dapat mengurangi tahapan pada proses persiapan pertenunan sutera.
2. Pemanfaatan teknologi pada kegiatan persiapan pertenunan.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan menggunakan Metode Perancangan dan Pengembangan Produk oleh Ulrich-Eppinger sebagaimana *flow chart* dibawah [3] :

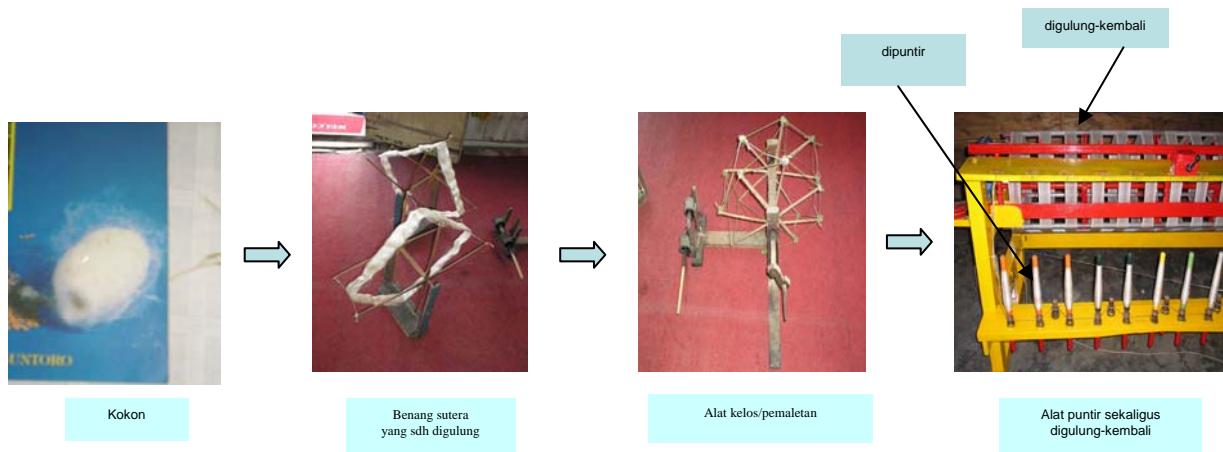


Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

5. LANDASAN TEORI

5.1. Konsep Pemuntiran Benang

Pertama-tama kokon (hasil dari kepompong ulat sutera) digulung dengan menggunakan alat reeling kemudian dikelos/dipalet dengan menggunakan alat kelos selanjutnya hasil dari kelos/pemaletan tersebut diberi puntiran dan ditahan (supaya tidak kembali seperti semula) dengan jalan benang -puntir tersebut digulung-kembali pada reel (kincir penggulung benang).



Gambar 2. Proses pemuntiran benang

5.2. Perencanaan dan Pengembangan Produk

Perancangan dan pengembangan produk merupakan bagian yang sangat besar dari semua kegiatan teknik yang ada. Kegiatan perancangan dimulai dengan didapatkannya persepsi tentang kebutuhan manusia, kemudian disusul oleh penciptaan konsep produk, disusul kemudian dengan perancangan, pengembangan dan penyempurnaan produk. Kemudian diakhiri dengan pembuatan dan pendistribusian produk. Perencanaan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Produk merupakan sesuatu yang dijual perusahaan kepada pembeli. Produk yang dimaksud disini adalah produk yang bersifat rekayasa (*engineering*), diskrit dan bersifat fisik.

5.2.1. Proses dan Organisasi Perancangan dan Pengembangan Produk

Proses perancangan dan pengembangan produk yang umum terdiri dari enam tahap yaitu :

0. *Perencanaan*

Kegiatan perencanaan ini disebut sebagai *zero fase* karena kegiatan ini mendahului persetujuan proyek dan proses peluncuran pengembangan produk aktual.

1. *Pengembangan konsep*

Pada fase pengembangan konsep, kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternatif konsep-konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih jauh. Konsep adalah uraian dari bentuk, fungsi dan tampilan suatu produk dan biasanya dibarengi dengan sekumpulan spesifikasi, analisis produk-produk pesaing serta pertimbangan ekonomi proyek.

2. *Perancangan tingkatan sistem*

Pada fase perancangan tingkatan sistem mencakup definisi arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen. Gambaran rakitan akhir untuk sistem produksi biasanya didefinisikan selama fase ini. Keluaran dari fase ini biasanya mencakup tata letak bentuk produk, spesifikasi serta fungsional dari tiap subsistem produk, serta diagram aliran proses pendahuluan untuk proses rakitan akhir.

3. *Perancangan detail*

Pada fase perancangan detail mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen unik pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok. Rencana proses dinyatakan dan peralatan dirancang untuk tiap komponen yang dibuat dalam sistem produksi. Keluaran dari fase ini adalah pencatatan pengendalian untuk produk.

4. *Pengujian dan perbaikan*

Pada fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk.

Prototipe awal dalam hal ini alat puntir benang sutera biasanya dibuat dengan menggunakan komponen-komponen dengan bentuk dan jenis material pada produksi sesungguhnya, namun tidak memerlukan proses pabrikasi dengan proses yang sama dengan yang dilakukan pada produksi sesungguhnya. Prototipe alat puntir benang sutera diuji untuk menentukan apakah produk akan bekerja sesuai dengan yang direncanakan dan apakah produk memenuhi kebutuhan kepuasan konsumen utama. Prototipe berikutnya biasanya dibuat dengan komponen yang dibutuhkan pada produksi namun tidak dirakit dengan menggunakan proses perakitan akhir seperti pada perakitan sesungguhnya. Prototipe berikutnya dievaluasi secara internal dan juga diuji oleh konsumen dengan menggunakan langsung. Sasaran dari prototipe ini biasanya adalah untuk menjawab pertanyaan mengenai kinerja dan keandalan dalam rangka pengidentifikasi kebutuhan perubahan-perubahan secara teknik untuk produk akhir.

5. *Produksi awal*

Pada fase produksi awal, produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya. Tujuan dari produksi awal ini adalah untuk melatih tenaga kerja dalam memecahkan permasalahan yang mungkin timbul pada proses produksi sesungguhnya.

Produk-produk yang dihasilkan selama produksi awal kadang-kadang disesuaikan dengan keinginan pelanggan dan secara hati-hati dievaluasi untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan yang timbul. Peralihan dari produksi awal menjadi produksi sesungguhnya biasanya tahap demi tahap. Pada beberapa titik masa peralihan ini, produk diluncurkan dan mulai disediakan untuk didistribusikan [3].

6. 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 memberi puntiran/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.

6.1. Identifikasi Kebutuhan Konsumen dan Penentuan Spesifikasi Produk

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.

6.2. 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, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Tingkat kepentingan dari beberapa karakteristik

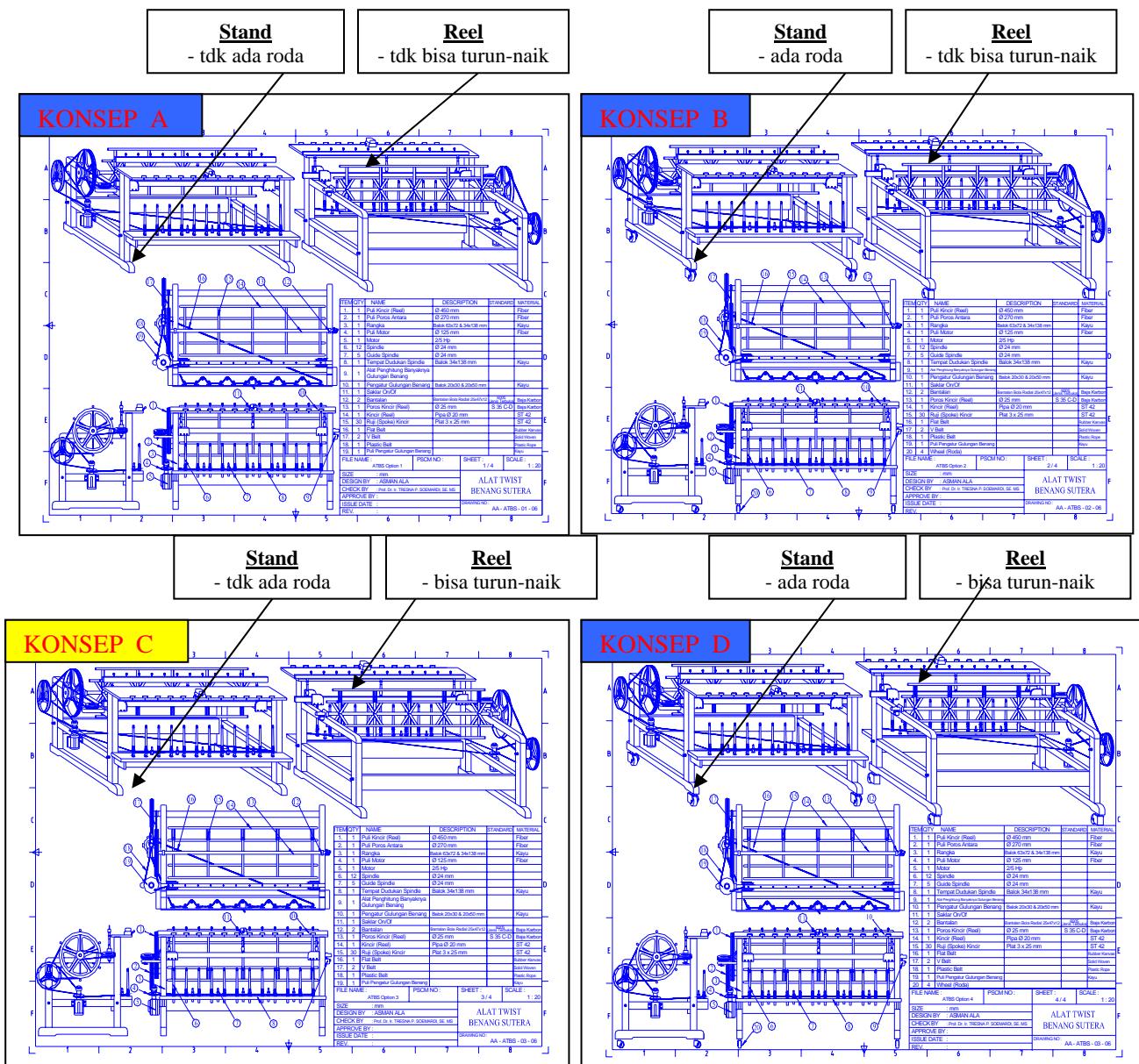
1	Karakteristik ini tidak diinginkan, saya tidak akan mempertimbangkan produk dengan karakteristik ini.
2	Karakteristik ini tidak penting, dan saya tidak berfikir untuk memiliki.
3	Karakteristik ini bagus untuk dimiliki, tetapi tidak terlalu perlu.
4	Karakteristik ini sangat diinginkan, tetapi saya akan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

6.3. 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 [3].

Tabel 2. 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



Gambar 3. Empat konsep alat puntir benang sutera

Dari tabel 2. 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 pembandingan 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. 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 4. 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 4., 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.

6.4. Perhitungan Perencanaan

Dari hasil perhitungan perancangan dan uji lapangan serta analisa ekonomi diperoleh spesifikasi prototipe alat puntir benang sutera sebagai berikut : tinggi = 970 mm, panjang = 1810 mm, lebar = 950 mm, daya motor penggerak = 296,108 watt, kapasitas produksi benang = 1 kg/10 jam, harga pokok produksi per-unit prototipe sebesar Rp. 1.668.300,- dan BEP dicapai pada 80 unit serta lama waktu perancangan dan pengembangan produk adalah 24 minggu.

7. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memperoleh prototipe alat puntir benang sutera diperlukan langkah-langkah perancangan dan pengembangan produk sebagai berikut: Identifikasi kebutuhan konsumen dan penentuan spesifikasi produk (*identification costumer needs and establishing product*), penyusunan konsep rancangan produk (*generate product concept*), pemilihan konsep rancangan

produk (*select a product concept*), penegasan spesifikasi produk (*refine a product specification*), sisa rencana proyek pengembangan (*plan remaining development project*) dan pembuatan prototipe. Identifikasi kebutuhan konsumen dan penentuan spesifikasi produk dilakukan agar dapat mengetahui kebutuhan konsumen baik yang disampaikan langsung maupun yang disembunyikan., sehingga perencana dapat memahami spesifikasi alat yang dikehendaki. Dalam melakukan identifikasi kebutuhan konsumen dan penentuan spesifikasi produk dilakukan dengan cara kuisioner yaitu menginformasikan beberapa alternatif pilihan dari karakteristik maupun spesifikasi yang memungkinkan dari alat puntir benang sutera yang ditawarkan, kemudian dari hasil kuisioner tersebut dibuatkan grafik seperti dibawah ini :

Gambar 4. Grafik rata-rata total prosentase hasil jawaban dari setiap isian kuisioner untuk kelompok I, II, III dan IV (80 orang)



Dari gambar 4. di atas menginformasikan bahwa permintaan karakteristik alat sebagai tingkat kepentingan yang tertinggi berada pada angka 1, 3, 6, 10 dan 13 yaitu karakteristik alat yang tidak terlalu banyak tahapan, ringan, berkapasitas besar, mudah perawatannya dan tidak membahayakan pengguna. Sedang karakteristik alat yang tidak diperlukan yaitu pada angka 9 yaitu alat puntir benang yang berpenampilan menarik. Dengan penyusunan konsep rancangan produk diperoleh konsep-konsep baru yang lebih baik dari konsep-konsep semula. Konsep-konsep tersebut merupakan konsep rancangan produk alat puntir benang sutera yaitu berupa konsep A, B, C dan D. Kemudian dari pemilihan konsep rancangan produk melalui tahapan penyaringan dan penilaian konsep-konsep rancangan produk (*screening and scoring product design concepts*) dapat diperoleh penegasan spesifikasi produk alat puntir benang sutera yaitu yang dinyatakan sebagai konsep C yang dikembangkan lebih lanjut.

Untuk menekan biaya produksi pada analisa ekonomi teknik dalam menentukan biaya manufaktur dilakukan analisa buat atau beli, dimana komponen yang dibuat sendiri berjumlah 8 macam komponen sedangkan yang dibeli berjumlah 11 macam komponen. Berdasarkan daftar kebutuhan material dan perkiraan biaya , diperoleh total harga pokok produksi per-unit dari alat puntir benang sutera sebesar Rp. 1.668.300,-. Agar biaya produksi alat puntir benang sutera tersebut dapat mencapai titik impas, maka berdasarkan analisa kuantitatif dan kualitatif dari proyek perancangan dan pengembangan produk tersebut minimal 80 unit, dengan nilai jual Rp. 153.520.000,-. Selanjutnya untuk mengetahui waktu yang diperlukan dalam perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera dapat dilakukan melalui analisis manajemen proyek.

Manajemen proyek dilakukan dengan mengestimasi waktu setiap aktivitas, dari estimasi waktu diperoleh *gantt chart*. Dari tabel ini diketahui bahwa proses perancangan dan pengembangan prototipe alat puntir benang sutera dimulai dari identifikasi kebutuhan konsumen sampai dengan permulaan produksi prototipe memerlukan waktu selama 24 minggu.

Sedangkan untuk mengetahui kelayakan prototipe alat puntir benang sutera dapat dilakukan uji prototipe. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan uji prototipe alat puntir benang sutera

diperoleh produksi benang puntir lebih banyak (rata-rata 1 kg/10 jam) jika dibandingkan dengan kalau memakai cara tradisional (rata-rata 1 kg/139 jam atau 1 kg/6 hari). Untuk pengamatan banyaknya gulungan benang yang sudah tergulung pada kincir (*reel*) dengan memakai cara tradisional masih kurang teliti bila dibandingkan dengan menggunakan prototipe alat puntir benang sutera.



Gambar 5. Prototipe Alat Puntir Benang Sutera

8. KESIMPULAN

Dari uraian perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Metode Ulrich-Eppinger dapat diterapkan sebagai acuan dalam perancangan dan pengembangan produk alat puntir benang sutera.
- Berdasarkan hasil-hasil kuisioner, diketahui bahwa persyaratan karakteristik alat yang tidak membahayakan lebih diutamakan dari pada penampilannya.
- Harga pokok produksi alat puntir benang sutera hasil rancangan Rp. 1.668.300,-
- Titik impas proyek pengembangan produk alat puntir benang sutera ini dicapai pada 80 produk dengan nilai jual Rp. 153.520.000,-
- Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan prototipe berdasarkan perancangan dan pengembangan produk adalah selama 24 minggu.
- Dibandingkan dengan cara tradisional, kapasitas produksi dengan menggunakan prototipe jauh lebih besar serta lebih teliti dalam menentukan banyaknya gulungan benang puntir yang sudah tergulung pada kincir.

9. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elang, “*Weaving Preparation (Persiapan Pertenunan)*”, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Bandung, 2003.
- [2] Rukaesih, Okay dan Maryani, Sri., ”*Petunjuk Praktis Reeling Kokon Sutera*”, Departemen Perindustrian, Bandung, 1991.
- [3] Ulrich, Karl T. and Eppinger, Steven D., ”*Product Design and Development*”, McGraw-Hill Companies, New York, 1995.
- [4] Sularso dan Suga, Kiyokatsu., ”*Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*”, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1978.
- [5] Wignyosumarto, Sumedi., ”*Petunjuk Teknologi Tekstil (Persiapan Pertenunan dan Pertenunan)*”, Departemen Perindustrian, Jakarta, 1997.