

## PERANCANGAN PERANGKAT MEKANIK PENDETEKSI CACAT PRODUKSI PADA TEKSTIL

**Rudi Irawan**

Teknologi Industri/ Teknik Mesin, [rirawan2010@gmail.com](mailto:rirawan2010@gmail.com), Universitas Gunadarma

### ABSTRACT

Textile industry has been very important economically for Indonesia. Due to fabric defects, the company will loss financially and non-material. Currently, the method to detect fabric defects use traditional techniques or semi-modern techniques. It means it is important to have new innovative tools that can help to detect fabric defects both traditionally and modern. In the research reported here, mechanical system tools are offered to be added to ease fabric detection more accurately. In this research, a mechanical system has been designed with dimension 2100 mm x 2000 mm x 2500 mm using motor AC 1 phase 0.2 kW/ ¼ HP, gear box 1:20 dan v-belt transmission to transmit shaft rotation 84 rpm. The design is in horizontal form. The transmission uses v-belt with 2 pulleys diameter ( $d_1$ ) Ø76,22 mm or 3 inch and ( $d_2$ ) Ø88,9 mm or 3 ½ inch. Bearings to support shaft use UCF 204 type with inner diameter 20 mm. Shaft has diameter 30 mm and length 2120 mm using AISI 304. The shaft rotation is 84 rpm and torsi 139.14 kg.mm. The designed can still be improved, for example, by replacing the shafts with solid ones to make them more stable, and by replacing the wheels supporting shaft with bearing UCF 204 to make them more stable too.

**Keywords:** Textile, Fabric defects, Machine, Mechanical system.

### ABSTRAK

Industri tekstil punya peran penting dalam perekonomian Indonesia. Akibat dari produk yang cacat perusahaan dapat mengalami kerugian baik kerugian finansial maupun kerugian non-material. Saat ini metode yang digunakan dalam deteksi cacat kain banyak dilakukan secara tradisional atau semi modern, sehingga perlu ada alat dengan inovasi baru yang dapat membantu pendeteksian cacat kain yang dapat digunakan baik untuk pendeteksian cacat kain secara tradisional maupun dengan metode modern. Pada penelitian ini dengan menambahkan sistem mekanik yang dapat menambah kemudahan dan ketelitian pendeteksian cacat. Pada penelitian ini telah dirancang sistem mekanik alat deteksi cacat kain ukuran dimensi 2100 mm x 2000 mm x 2500 mm yang menggunakan penggerak motor AC 1 phase 0,2 kW / ¼ HP, menggunakan gearbox 1:20 dan menggunakan transmisi *v-belt* untuk menghantar daya putar ke poros dengan kecepatan putar 84 rpm. Rancangan alat deteksi cacat kain ini adalah berbentuk horizontal. Perencanaan transmisi menggunakan v-belt dengan 2 buah puli berdiameter ( $d_1$ ) Ø76,22 mm atau 3 inch dan ( $d_2$ ) Ø88,9 mm atau 3 ½ inch. Bantalan untuk menompang poros bertipe UCF 204 dengan diameter dalam 20 mm. Untuk poros memiliki diameter 30 mm dan panjang 2120 mm menggunakan material AISI 304 dengan putaran poros 84 rpm dan momen putar yang didapat sebesar 139,14 kg.mm. Sistem mekanik deteksi cacat kain ini masih dapat ditingkatkan dengan mengganti poros utama 1 dan poros utama 2 menggunakan poros as padat supaya lebih stabil saat melakukan penggulangan kain, serta mengganti roda pada bagian penompang poros dengan bantalan UCF 204 supaya saat poros sedang berjalan gerakan putarnya stabil.

**Kata Kunci:** Tekstil, Cacat kain, Mesin, Sistem mekanik,

### 1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri andalan Indonesia yang mendapat prioritas untuk dikembangkan karena punya peran penting dalam perekonomian nasional. Industri tekstil sudah lama sebagai penyumbang devisa negara, menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar dan sebagai industri yang diandalkan untuk memenuhi kebutuhan sandang nasional. Tekstil sendiri didefinisikan sebagai material fleksibel yang terbuat dari tenunan benang. Pembuatan tekstil melalui beberapa proses, yaitu dengan cara penyulaman, penjahitan, pengikatan dan cara *pressing*. Dalam bahasa populer pemakaian sehari-hari, tekstil sering diartikan sama dengan kain. [1]

Untuk mendapatkan produk yang bermutu tinggi, selain harus sesuai dengan standar yang dikehendaki oleh konsumen, perlu juga memperhatikan faktor kepuasan pemakai. Kepuasan pemakai/pelanggan adalah

menjadi perhatian dalam hal mutu (kualitas) produk. Jadi selama pembuatan (proses produksi) harus selalu dalam kontrol. Kualitas suatu produk memiliki syarat-syarat di dalamnya sehingga produk tersebut bernilai sesuai dengan tujuan produk tersebut di produksi. [2]

Akibat dari produk yang cacat perusahaan dapat mengalami kerugian baik kerugian finansial maupun kerugian non-material seperti hilangnya kepercayaan konsumen. Kerugian finansial yang dialami oleh perusahaan akibat produk cacat yaitu menurunnya *grade* pada kain tersebut. Perusahaan yang seharusnya dapat memproduksi kain dengan *grade* tinggi karena jumlah cacat yang dialami masih tinggi maka akan menurunkan *grade* menjadi *grade* yang lebih rendah sehingga harga produknya menjadi lebih murah. Untuk mencegah produk yang cacat lolos ke pasaran pihak perusahaan melakukan pengendalian kualitas (*quality control*) yang hati-hati sehingga produk yang dihasilkan dan masuk pasar sesuai dengan mutu produk yang dikehendaki. [2]

Saat ini metode yang digunakan dalam alat deteksi cacat kain banyak dilakukan secara tradisional atau semi modern. Banyak perusahaan melakukan proses *grading* kain dengan manual atau tradisional, sehingga dibutuhkan ketelitian tinggi dari operator yang bertugas dan sangat dipengaruhi oleh faktor kelelahan serta konsentrasi operator. Berdasarkan kondisi tersebut perlu ada alat dengan inovasi baru yang dapat membantu pendeteksian cacat kain yang dapat digunakan baik untuk membantu pendeteksian cacat kain baik secara tradisional maupun dengan metode modern, yaitu dengan menambahkan sistem mekanik yang dapat dimanfaatkan untuk menambah kemudahan dan ketelitian pendeteksian cacat kain baik dengan metode secara tradisional maupun dengan metode secara modern. Untuk metode deteksi secara tradisional, sistem mekanik dapat digunakan untuk membantu mengalirkan dan menggulung kain secara kontinu sehingga operator bisa fokus pada mencari cacat kain saja (tidak terbebani untuk menggulung dan mengalirkan kain). Untuk metode deteksi secara modern, sistem mekanik ini dapat disatukan dengan sistem sensor kamera yang mendeteksi cacat kain dengan metode pengolahan citra dan sistem otomatisasi. Jadi sistem mekanik ini diharapkan dapat mengurangi resiko kecacatan pada proses pemeriksaan.

Perancangan perangkat mekanik di sini dibatasi untuk bahan kain yang lebarnya 1,8 meter yang merupakan salah satu ukuran standar kain untuk ekspor. Sistem mekanik ini juga dirancang untuk diintegrasikan dengan sistem pendeteksian secara modern yaitu menggunakan kamera, pengolahan citra dan sistem otomatis, sehingga perlu dibuat dimensinya agar kain yang sedang diperiksa mudah tertangkap oleh dua kamera yang dapat dipasang di atas dan juga dapat dengan mudah memasang lampu di bawah kain yang sedang diperiksa. Pemasangan lampu di bawah kain yang sedang diperiksa adalah penting untuk mempermudah pengenalan jika ada cacat. Sistem mekanik perlu menggunakan 2 poros utama sebagai tempat gulungan kain awal dan sebagai tempat penggulung kain yang sudah deteksi. Sistem mekanik ini juga perlu menggunakan motor listrik agar bahan kain dapat dideteksi bolak-balik dan lebih teliti saat pendeteksian sehingga lolosnya kain yang cacat dapat diminimalisir.

Perancangan sistem mekanik alat deteksi cacat kain ini dimulai dari asumsi bahwa alat ini dapat dipakai untuk deteksi secara manual atau secara modern menggunakan sensor kamera dan sistem otomatisasi. Elemen-elemen mesin yang sesuai untuk kebutuhan alat deteksi cacat kain tersebut dipilih material dan parameternya, dihitung, dan kemudian rancangan yang sudah dibuat dimodelkan dengan *software Solidworks* 2020.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa peneliti terdahulu sudah melakukan penelitian untuk merancang dan membuat alat deteksi cacat kain. Misalnya [3] merancang sistem informasi untuk deteksi cacat kain dalam rangka meningkatkan kualitas produk. Penelitiannya menggunakan sistem informasi deteksi cacat kain untuk meningkatkan kualitas produk. Penelitian yang dilakukan dapat mendeteksi kerusakan atau cacat pada kain, yaitu dengan penandaan blok warnamerah pada letak cacat. Tetapi program ini terbatas untuk mendeteksi jenis kerusakan tertentu yaitu cacat ambrol, kurang lusi, kurang pakan, pakan putus, dan pakan kendor.[4] melakukan penelitian inspeksi kain dengan menggunakan kamera inframerah-dekat. Kain yang memiliki super struktur kotak berwarna, pita dan lain-lain yang ditumpangka pada struktur kain dasar dapat secara lebih mudah dianalisis dengan menggunakan kamera cahaya inframerah dekat dan cukup dengan menggunakan kamera monokrom konvensional. Selanjutnya [5] melakukan penelitian sistem berbasis waktu *real time* untuk pemeriksaan kualitas kain (tekstil). Sistem ini berbasis menggunakan kamera otomatis untuk kontrol kualitas kain tekstil web. Tingkat deteksi yang tinggi dengan akurasi lokalisasi yang baik, tingkat kesalahan yang rendah, kompatibilitas dengan alat inspeksi standar dan harga murah adalah keuntungan utama dari sistem yang

diusulkan serta pendekatan pemeriksaan secara keseluruhan. Sementara [6] melakukan penelitian pengembangan sistem pemeriksaan kain secara otomatis. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan tidak hanya mencapai tingkat deteksi dan klasifikasi cacat yang kompatibel pada metode mutakhir saat ini, tetapi juga memenuhi persyaratan fungsional dan non-fungsional yang cocok di industri.

## 2.1. Alat Deteksi Cacat Kain

Mesin inspeksi bahan kain digunakan untuk memeriksa apakah terdapat cacat atau tidak pada bahan yang akan dipotong pada tiap gulungan. Dari pemeriksaan dapat diketahui jumlah cacat tiap gulungan untuk selanjutnya dibandingkan dengan standar, sehingga dapat ditentukan apakah *grade* kain yang akan dipotong tersebut. Apabila jumlah cacat melebihi ketentuan standar, maka kain tersebut akan dikelompokkan ke dalam *grade* rendah atau tidak diloloskan untuk dipasarkan. Proses inspeksi ini dimulai dari awal kegiatan produksi hingga dengan pengiriman barang. Dalam industri garmen, proses pengecekan kualitas yang paling awal dilakukan adalah mengecek kualitas bahan baku. Bahan baku utama dalam industri garmen pakaian adalah kain (*fabric*). [7], 8]

### 2.1.1. Pengontrolan Kualitas Kain

Dalam pengontrolan kualitas umumnya adalah mendapatkan kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya. Dengan kata lain kualitas adalah menunjukkan tingkat kesesuaian terhadap kebutuhan yang meliputi *Availability, Delivery, Reliability, Maintainability* dan *Cost effectiveness*. Kualitas suatu produk perlu dikontrol dan dijaga sehingga perlu ada suatu sistem dan prosedur dalam suatu industri untuk menjaga standar kualitas yang telah ditentukan oleh perusahaan. Pengontrolan kualitas adalah suatu proses yang kegiatannya untuk memastikan apakah prosedur dalam penjagaan kualitas dapat tercermin dalam hasil akhir produk atau jasa. Dengan kata lain pengontrolan kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah diterapkan berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

Suatu produk dikatakan berkualitas, jika mempunyai nilai subyektifitas yang tinggi. Untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan tuntutan kebutuhan pasar, perlu dilakukan pengontrolan kualitas yang konsisten dan terus menerus. Prosedur menjaga dan mengontrol kualitas hendaknya sudah menjadi prosedur standar operasi dalam proses kegiatan yang dijalani dalam perusahaan. Pengontrolan kualitas yang berdasarkan inspeksi sehingga baik bahan yang diterima, proses produksi dan produk yang dihasilkan memenuhi syarat (tidak cacat) dan terhindar dari menerima bahan baku yang tidak memenuhi syarat (cacat).[9]

### 2.1.2. Jenis-jenis Cacat Pada Kain

Ada beberapa cara penggolongan jenis cacat pada kain, di antaranya adalah sebagai berikut:[9]

1. *Unknetting*. Kesalahan karena putusnya benang pada saat proses yang kemudian disambung kembali.
2. Benang kendor penyebabnya adalah karena *flange beam* lusi membentuk *crooked* atau tidak rata tetapi dipaksakan untuk digunakan.
3. Benang *double* disebabkan karena ketidak telitian pada saat menggunakan benang *Cones* di mana terdapat benang *double* atau pada saat produksi tidak diketahui adanya benang yang berhimpitan masuk ke dalam *beam lusi*.
4. Salah benang adalah kesalahan dalam mengambil nomor benang
5. Kurang benang penyebabnya tidak berhati-hati pada saat penggantian jenis kain dimana dilihat kembali apakah *ganze sustain* perlu ditambah atau dikurangi
6. *Fly* terjepit disebabkan kondisi lingkungan dan mesin, dimana kebersihan yang tidak terjaga akan menyebabkan timbulnya *fly* yang masuk ke *beam lusi*.

Adapun macam-macam produk cacat kain yang lain yang sering terjadi pada proses produksi antara lain sebagai berikut:[10]

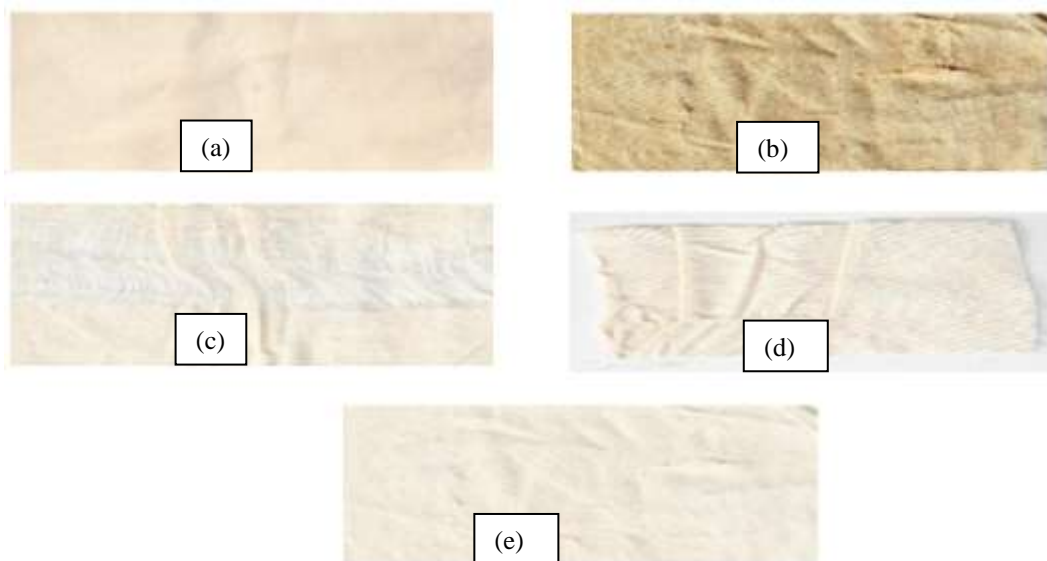
1. *Double lusi*, yaitu terdapat dua atau lebih benang *lusi* yang menempel sepanjang luasan kain.
2. *Double pick*, yaitu terdapat dua atau lebih benang *lusi* yang menempel selebar luasan kain.
3. *Slap*, yaitu terdapat kotoran pada kain yang salah satunya dapat disebabkan oleh debu.

4. *Netting*, yaitu terdapat kelebihan anyaman benang pada kain.
5. Tebal, yaitu terdapat dua atau lebih benang *lusi* yang menempel pada pada kain.
6. Jarang, yaitu terdapat ruang pada anyaman benang *lusi*.
7. Lebar kain tidak sesuai, yaitu lebar kain yang tidak sesuai dengan yang seharusnya (terlalu lebar / kurang lebar).
8. Warna kain tidak sesuai, yaitu terdapat kesalahan pada pencampuran warna sehingga warna kain tidak sesuai.
9. Corak meleset, yaitu corak printing meleset dari cetakkannya sehingga polanya tidak sesuai

Cacat kain biasanya digolongkan menjadi cacat mayor atau cacat minor. Ketentuan yang dapat digunakan dalam menentukan macam cacat adalah sebagai berikut: [2]

1. Cacat mayor adalah cacat yang tidak dapat diperbaiki.
2. Cacat minor adalah cacat yang masih dapat diperbaiki dan akan hilang pada proses penyempurnaan.

Contoh-contoh dari cacat kain dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh-contoh cacat kain: (a) Kain tidak cacat, (b) Cacat Kurang *Lusi*; (c) Cacat ambon, (d) Cacat kurang pakan, (e) Cacat pakan kendor.[9]

## 2.2. *Elemen Mesin*

Elemen mesin adalah komponen-komponen yang dikonstruksi sehingga menghasilkan mesin yang dapat difungsikan. Setiap bagian dari elemen mesin ini mempunyai fungsi dan kegunaan yang spesifik. Jadi elemen mesin dapat dibuat dalam beberapa komponen.

### 2.2.1. Perancangan Rangka dan Struktur Mesin

Perancangan rangka dan struktur mesin sebagian besar adalah seni dalam hal mengakomodasi komponen-komponen mesin. Perancang sering mengalami kesulitan berkaitan menggabungkan beberapa elemen dengan cara meletakkan dalam berbagai tumpuan tetapi tidak mengganggu operasi mesin atau agar memberikan akses untuk perakitan atau servis. Tentu dalam konstruksi beberapa elemen ini persyaratan teknis harus terpenuhi sebagai satu kesatuan struktur. Beberapa parameter perancangan yang penting meliputi hal yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.[10, 12] Impelmentasi dari parameter-parameter tersebut bergantung pada aplikasi dari masing-masing elemen mesin.

Tabel 1. Parameter dalam rangka dan struktur mesin [10]

Kekuatan	Kekakuan
Penampilan	Biaya manufaktur

Ketahanan korosi	Berat
Ukuran	Reduksi kebisingan
Pembatasan getaran	Umur

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada awal proyek perancangan rangka adalah:

- 1) Gaya yang ditimbulkan oleh komponen-komponen mesin melalui titik-titik pemasangan seperti bantalan, engsel, siku, dan kaki-kaki dari elemen mesin yang lain.
- 2) Cara dukungan rangka itu sendiri.
- 3) Kepresisian sistem: defleksi komponen yang diizinkan.
- 4) Lingkungan tempat mesin akan beroperasi.
- 5) Jumlah produksi dan fasilitas yang tersedia.
- 6) Ketersediaan alat-alat analisis seperti analisis tegangan dengan komputer, pengalaman masa lalu dengan produk-produk sejenis, dan analisis tegangan eksperimental.
- 7) Keterkaitan dengan mesin yang lain, dinding, dan sebagainya.

Faktor-faktor ini perlu menjadi perhatian perancang. Parameter yang paling dapat dikendalikan oleh perancang adalah pemilihan bahan, geometri bagian rangka yang menahan beban, dan proses manufaktur. [11, 12]

### 2.2.2. Motor Listrik

Motor listrik adalah perangkat elektromagnetis yang fungsinya adalah mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik merupakan sumber tenaga utama untuk menggerakkan suatu sistem transmisi pada sistem mesin. Tenaga gerak yang dihasilkan motor listrik berupa torsi (*torque*) atau momen gaya. Secara prinsip, semakin besar daya motor listrik, maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

Secara garis besar motor listrik dikelompokkan menjadi dua, yaitu, motor listrik arus searah (DC) dan arus listrik bolak balik (AC).

1. Motor DC (arus searah)  
 Sesuai dengan namanya motor DC menggunakan listrik arus searah (*direct current*). Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyediaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.
2. Motor AC (arus bolak-balik)  
 Sesuai dengan namanya motor listrik arus bolak-balik menggunakan listrik bolak-balik (*Alternating current*) sebagai sumber energinya.

Gerakan yang ditimbulkan oleh motor listrik adalah gerakan berputar sehingga tenaga gerak yang ditimbulkannya disebut torsi. Motor listrik banyak digunakan sebagai penggerak dalam mesin-mesin industri. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar dalam hal bergerak, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar sumbu motor.

Ada dua jenis motor AC, yaitu:

- a. Motor induksi satu fasa  
 Motor induksi satu fasa hanya memiliki satu gulungan stator, dioperasikan dengan sistem tenaga satu fasa, biasa digunakan mesin-mesin kecil dan peralatan rumah tangga.
- b. Motor induksi tiga fasa  
 Motor induksi tiga fasa dioperasikan dengan sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar.

### 2.2.3. Roda Gigi (*Gearbox*)

Transmisi adalah suatu alat untuk meneruskan tenaga dari suatu sumbu ke sumbu yang lain. Transmisi dapat menggunakan rantai, sabuk dan roda gigi. Untuk meneruskan tenaga ini diperlukan suatu alat yang perbandingan kecepatan dan tenaganya sesuai kebutuhan, misalnya: rantai, roda gigi, sabuk dan lain-lain. Roda gigi (*Gearbox*) merupakan suatu peralatan yang dipergunakan mengatur perputaran sumbu mesin pada kecepatan dan kekuatan tertentu. Dengan demikian *Gearbox* berfungsi mengubah torsi dan kecepatan yang dihasilkan motor penggerak. *Gearbox* bekerja dengan cara mengurangi besar putaran atau dengan menambah putaran yang berasal dari motor. [11]

Roda gigi dapat berbentuk silinder atau kerucut. Transmisi roda gigi mempunyai keuntungan dibandingkan dengan sabuk atau rantai karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan tepat, serta daya lebih besar. Kelebihan ini tidak selalu menyebabkan dipilihnya roda gigi. Selain karena ketelitiannya juga karena roda gigi dalam pemiliharaannya tidak butuh perlakuan yang rumit. Perawatan roda gigi hanya memputuhkan pelumasan yang cukup dan pembersihan komponen yang tidak rumit dan faktor- faktor lain yang menyebabkan dipilihnya roda gigi. Ciri-cirinya antara lain: [11, 13]

- 1) Kecepatan putaran beban tergantung perbandingan dari diameter roda giginya.
- 2) Arah putaranya tergantung susunan roda giginya.
- 3) Dapat melayani satu atau lebih dari satu mesin yang berkerja.
- 4) Cocok untuk beban dengan kopel mula yang besar.
- 5) Cocok untuk putaran sedang dan rendah.

Perhitungan transmisi dengan menggunakan roda gigi dapat menggunakan rumus-rumus berikut ini.

- 1) Menghitung putaran poros yang terpasang dengan roda gigi

$$n_1 = n : \text{ratio (i)} \quad (1)$$

Keterangan

$n_1$  = Putaran output (rpm);  $n$  = Putaran kecepatan motor (rpm);  $I$  = Rasio

- 2) Menghitung kecepatan putar pada poros

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2} \quad (2)$$

Keterangan

$n_1$  = Putaran output (rpm);

$n_2$  = Putaran poros (rpm);

$z_1$  = Jumlah gigi gear 1; dan

$z_2$  = Jumlah gigi gear 2

#### 2.2.4. Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar yang fungsinya memindahkan daya dan gerak berputar. Poros biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *puli*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros ini merupakan satu kesatuan dari sebarang sistem mekanis dimana daya ditransmisikan dari penggerak utama, misalnya motor listrik atau motor bakar, ke bagian lain yang berputar dari sistem. Poros dapat dikelompokkan sebagai berikut. [8, 13, 14]

Klasifikasi poros dapat dikelompokkan berdasarkan berikut:

- 1) Pembebanannya
  - a. Poros transmisi (*transmission shafts*). Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan *shaft*. *Shaft* akan mengalami beban putar berulang, beban lentur berganti ataupun kedua-duanya. Pada *shaft*, daya dapat ditransmisikan melalui *gear*, *belt puli*, *sprocket* rantai, dan lain-lain.
  - b. Gandar. Poros gandar merupakan poros yang dipasang di antara roda-roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.[8, 13, 15]
  - c. Poros spindel. Poros spindel merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindel juga menerima beban lentur (*axial load*).
- 2) Bentuknya
  - a. Poros lurus.
  - b. Poros engkol sebagai penggerak utama pada silinder mesin.[10, 16]

Ditinjau dari segi besarnya transmisi daya yang mampu ditransmisikan, poros merupakan elemen mesin yang cocok untuk mentransmisikan daya yang kecil hal ini dimaksudkan agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah (arah momen putar).[6] Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memilih poros, yaitu (a) kekuatan poros; (b) kekakuan poros; (c) putaran kritis; dan (4) material poros.

Rumus perhitungan yang digunakan pada poros yang digunakan:

- 1) Momen Puntir

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n_1} \quad (3)$$

Keterangan:

T = Menghitung momen puntir (kg.mm);  $n_1$  = Putaran motor penggerak (rpm)

2) Tegangan Geser yang Diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2} \quad (4)$$

Keterangan:

$\tau_a$  = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm<sup>2</sup>);  $\sigma_b$  = Kekuatan tarik (kg/mm<sup>2</sup>);

$sf_1$  = Faktor keamanan yang tergantung pada jenis bahan, dimana untuk bahan S45C-D besarnya 6.0

$sf_2$  = Faktor keamanan yang bergantung dari bentuk poros, dimana harga berkisar antara 1.3 – 3.0

3) Diameter Poros

$$d_s = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \quad (5)$$

Keterangan:

$d_s$  = Diameter poros (mm);  $K_t$  = Faktor koreksi punter;

$C_b$  = Faktor koreksi terjadinya beban lentur; T = Momen puntir (kg.mm)

4) Tegangan Geser yang Terjadi

$$\tau = \frac{5,1 \times T}{d_s^3} \quad (6)$$

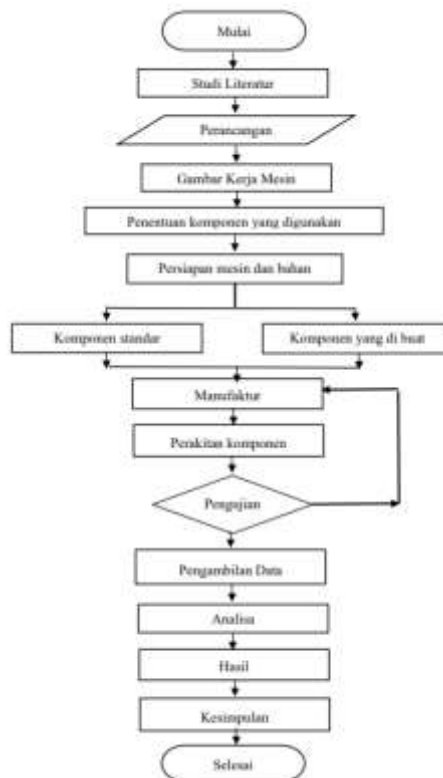
Keterangan:

$\tau$  = Tegangan yang terjadi (kg/mm<sup>2</sup>); T = Momen puntir (kg.mm);

$d_s$  = Diameter poros (mm)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Alur perancangan dan pembuatan model sistem mekanik alat deteksi cacat kain dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil rancangan digambar dengan menggunakan solidwork [17]. Kemudian dibuat modelnya dan diuji coba untuk menguji apakah berfungsi sesuai rancangan atau tidak. Jika ada perbedaan, dilakukan perbaikan-perbaikan atau modifikasi.



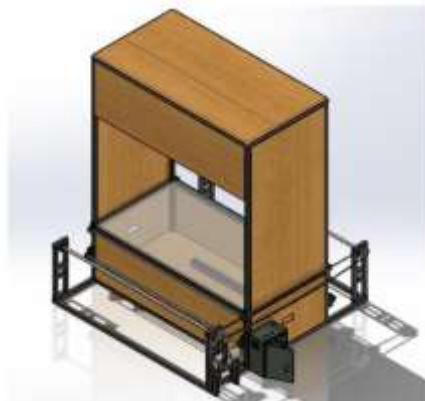
Gambar 2. Diagram alir perancangan dan manufaktur mesin deteksi cacat kain.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Sistem Mekanik Alat Deteksi Cacat Kain

Alat deteksi cacat kain ini dirancang berbentuk horizontal untuk memeriksa cacat yang terdapat pada bahan kain yang akan dipotong. Lebar kain yang akan dideteksi sebesar 1,8 meter. Dari pemeriksaan ini dapat diketahui jumlah cacat tiap gulungan dan dibandingkan dengan standar cacat kain, sehingga akan dapat ditentukan apakah kain tersebut bisa dipotong atau tidak. Apabila jumlah cacat melebihi ketentuan standar, sebaiknya tidak digunakan.

Alat deteksi cacat kain ini memiliki tampilan desain mesin dalam detail dengan panjang 2100 mm, lebar 2000 mm dan tinggi 2500 mm. Cara kerja alat ini menggunakan sistem transmisi penggerak menggunakan motor AC dua arah bolak-balik. Bahan gulungan kain ditopang pada poros utama 1 berdiameter 30 mm akan bergerak maju ke poros penerus sebelum menuju area kaca untuk pendeteksian. Tidak ada proses pendeteksian ulang. Penggulungan balik disediakan hanya untukantisipasi jika suatu saat diperlukan, misal untuk mengembalikan posisi dan lain lain. Gambar 3 dan 4 menggambarkan sistem mekanik yang dirancang.



Gambar 3. Rancangan sistem mekanik alat deteksi cacat kain



Gambar 4. Skema kerja sistem mekanik alat deteksi cacat kain

Pada alat deteksi cacat kain ini menggunakan motor listrik dimana energi masukan (input) yang diperlukan adalah berupa energi listrik. Energi listrik tersebut menghasilkan energi mekanik atau putaran yang kemudian energi mekanik tersebut diteruskan melalui *pulley*, *v-belt*, rantai dan poros dapat berputar dengan kecepatan yang sama. Untuk menghasilkan sebuah putaran pada poros tersebut maka diperlukan sebuah daya atau tenaga yang dibutuhkan. Oleh karena itu perlu dihitung daya pada motor listrik yang akan digunakan alat sistem mekanik deteksi cacat kain ini. Motor yang digunakan pada alat sistem mekanik deteksi cacat kain ini adalah motor AC F3S25N20-MM02TNNTN.

Dengan mempertimbangkan kinerja mesin agar berfungsi dengan maksimal pada motor listrik, maka motor listrik yang digunakan adalah dengan daya 0,2 kW. Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah:

- a. Tipe motor : 1 phase
- b. Tipe arus : AC (*Alternating Current*)
- c. Daya : 0,2 kW
- d. Putaran motor listrik : 1680 rpm
- e. Tegangan : 220 V



Dalam perencanaan kecepatan putaran pada *gearbox* dan *gear* ini diketahui nilai putaran awal pada motor listrik yaitu 1700 rpm dan perbandingan *gearbox* (ratio) yaitu 20 rpm, maka perencanaan *gear* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan rasio

1. Menghitung putaran poros ( $n_2$ ) yang terpasang dengan *gearbox* dengan persamaan 1.

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah putaran awal motor listrik (n)} &= 1680 \text{ rpm} \\ \text{Nilai perbandingan gearbox / ratio (i)} &= 20 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} n_1 &= 1680 : 20 \\ n_1 &= 84 \text{ rpm} \end{aligned}$$

2. Menghitung kecepatan putar pada poros dengan persamaan 2.

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah gigi (z}_1\text{)} &= 20 \text{ gigi} \\ \text{Jumlah gigi (z}_2\text{)} &= 20 \text{ gigi} \\ \text{Putaran gearbox (n}_1\text{)} &= 84 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka:} \quad n_2 &= n_1 \times \frac{z_2}{z_1} \\ n_2 &= 84 \times \frac{20}{20} \\ n_2 &= 84 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Pada poros alat deteksi cacat kain ini merupakan bagian yang berputar, umumnya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti puli 1, puli 2, *v-belt* dan rantai yang berfungsi untuk meneruskan daya bersama-sama dengan putaran. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran.

Dalam merancang poros dibutuhkan data-data asumsi sebagai acuan merancang, seperti berikut:

- a) Daya motor penggerak  $P = 0,2 \text{ kW}$
- b) Putaran motor penggerak  $n_m = 1680 \text{ rpm}$
- c) Faktor koreksi  $f_c = 1,2$
- d) Faktor koreksi momen puntir  $K_t = 3$
- e) Faktor lenturan  $C_b = 2,3$
- f) Bahan poros yang digunakan AISI 304 dengan kekuatan tarik ( $\sigma_b$ ) = 51 kg/mm<sup>2</sup>
- g) Safety faktor  $Sf_1 = 6$  (standar ASME bahan S-C) dan  $Sf_2 = 3$  (untuk poros dan pasak)

Daya rencana sebuah poros mendapat pembebanan utama berupa torsi pada poros yang mendapatkan beban puntir dan beban lentur sekaligus. Pada permukaan poros akan terjadi tegangan geser karena momen puntir dan tegangan lentur. Daya rencana diperoleh dengan mengalikan daya nominal output pada mesin penggerak dengan faktor koreksi daya, yang mana faktor koreksi diambil dengan daya maksimum yang diperlukan  $f_c = 1,2$

$$\begin{aligned} P_d &= f_c \times P \\ P_d &= 1,2 \times 0,2 \text{ kW} \\ P_d &= 0,24 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka, dari hasil perhitungan di atas daya rencana pada poros adalah 0,24 kW

Momen Puntir dapat dihitung dengan mudah menggunakan persamaan 3 berikut

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \\ T &= 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,24 \text{ kW}}{1680} \\ T &= 139,14 \text{ kg. mm} \end{aligned}$$

Maka, dari hasil perhitungan diatas momen rencana pada poros adalah 139,14 kg.mm

Untuk menentukan diameter poros menggunakan persamaan 5 dan diperlukan faktor koreksi momen puntir (K). Karena beban dikenakan kejutan maka nilai  $K_t = 3$ , jika diperkirakan akan terjadi beban lentur. Jika digunakan nilai  $C_b = 2,3$

$$d_s = \left[ \frac{42}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} [$$

$$d_s = \left[ \frac{51}{2,83 \text{ kg/mm}^2} \times 3 \times 2,3 \times 139,14 \text{ kg. mm} \right]^{1/3}$$

$$d_s = 25,86 \text{ mm}$$

Jadi diameter poros yang akan digunakan minimal 25,86 mm. Jika disesuaikan dengan faktor keamanan, kebutuhan dan standar, maka poros dibuat dengan diameter  $d_s = 30 \text{ mm}$

Bahan poros yang digunakan AISI 304 dengan kekuatan tarik sebesar  $\sigma_b = 51 \text{ kg/mm}^2$ . Untuk menghitung tegangan geser yang diizinkan menggunakan persamaan 4.

$$\tau_a = \frac{51 \text{ kg/mm}^2}{6 \times 3}$$

$$\tau_a = 2,83 \text{ kg/mm}^2$$

Maka, dari hasil perhitungan di atas tegangan geser yang diizinkan pada poros adalah  $2,83 \text{ kg/mm}^2$  Sementara tegangan geser yang Terjadi dengan persamaan 6.

$$T = \frac{5,1 \times 139,14 \text{ kg.mm}}{30^3}$$

$$\tau = 0,03 \text{ kg/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan di atas tegangan geser yang terjadi pada poros adalah  $0,03 \text{ kg/mm}^2$ .

Untuk menghitung torsi poros

$$T = \frac{60000}{\frac{22}{7} \times 2} \times \frac{P_d}{n}$$

$$T = \frac{60000}{\frac{22}{7} \times 2} \times \frac{0,24 \text{ kW}}{84}$$

$$T = 27,27 \text{ Nm}$$

Dari hasil perhitungan di atas torsi yang terjadi pada poros sebesar  $27,27 \text{ Nm}$

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa antara rancangan dan beban yang akan dialami oleh alat dalam dalam kondisi aman. Artinya beban yang akan dialami oleh alat lebih kecil dari kemampuan rancangan.

#### 4.2. Perancangan Bantalan.

Bantalan yang direncanakan adalah bantalan gelinding radial dengan arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros, maka bantalan yang digunakan untuk alat deteksi cacat kain adalah jenis UCF 204 karena kapasitas nominal spesifikasi berpengaruh pada umur bantalan.

Untuk mendapatkan gaya pada poros, pertama-tama ditentukan beban total pada poros. Dengan bantuan *software* solidworks dapat diketahui massa komponen yang berada di titik berat poros. Perhitungan untuk mengetahui beban total yang diberikan pada poros adalah sebagai berikut:

$$W_{\text{pulley}} = m \times g \qquad W_{\text{poros}} = m \times g \qquad W_{\text{gulungan kain}} = m \times g$$

$$W_{\text{pulley}} = 0,31 \text{ kg} \times g \qquad W_{\text{poros}} = 9,1 \text{ kg} \times g \qquad W_{\text{gulungan kain}} = 8 \text{ kg} \times g$$

$$W_{\text{pulley}} = 3,04 \text{ N} \qquad W_{\text{poros}} = 89,271 \text{ N} \qquad W_{\text{gulungan kain}} = 78,48 \text{ N}$$

Beban Radial dihitung seperti berikut ini

$$F_r = W_{\text{sabuk}} + W_{\text{poros}} + W_{\text{gulungan kain}} + F_{\text{sabuk}}$$

Di mana,

$$F_{\text{sabuk}} = \frac{T}{R_{\text{puliz}}}$$

$$F_{\text{sabuk}} = \frac{139,14 \text{ kg/mm}}{44,45 \text{ mm}} = 3,13 \text{ kg}$$

Maka,

$$F_r = 0,16 \text{ kg} + 9,1 \text{ kg} + 8 \text{ kg} + 3,13 \text{ kg}$$

$$F_r = 20,39 \text{ kg}$$

Beban ekivalen dihitung sebagaimana berikut ini

$$P = X \times V \times F_r + Y \times F_a$$

Karena pada perancangan poros alat deteksi cacat kain yang terjadi hanya beban radial saja serta bantalan ring dalam yang berputar, maka nilai faktor beban aksial ( $Y$ ) = 1,45 dan faktor rotasi bantalan ( $V$ ) = 1, dan bearing yang dipakai garis tunggal maka harga  $X = 0,56$ .

$$P = X \times V \times F_r + Y \times F_a$$

$$P = 0,56 \times 1 \times 20,39 \text{ kg} + 1,45$$

$$P = 12,87 \text{ kg}$$

Hitungan faktor kecepatan bantalan

$$f_n = \left[ \frac{33,3}{n} \right]^{1/3}$$

Kecepatan poros  $n = 72 \text{ rpm}$

$$f_n = \left[ \frac{33,3}{72} \right]^{1/3}$$

$$f_n = 0,77$$

Hitungan faktor umur bantalan

$$f_h = f_n \times \frac{C}{P}$$

Jika  $C$  menyatakan kapasitas nominal dinamis = 1309,62 kg dan  $P$  ekivalen dinamis = 22,23 kg.

$$f_h = 0,77 \times \frac{1309,62}{12,87}$$

$$f_h = 78,35$$

Umur nominal bantalan dapat diukur

$$L_h = 500 + f_h^3$$

$$L_h = 500 + 78,35^3$$

$$L_h = 481468,9 \text{ jam}$$

#### 4.3. Perancangan Transmisi Sabuk, Puli dan Rantai

Suatu mesin menggunakan mesin sistem transmisi. Transmisi berfungsi untuk memindahkan daya dan putaran antara penggerak dan yang digerakan. Pada perancangan ini, ditetapkan berdasarkan perhitungan adalah

- 1) Putaran puli yang direncanakan ( $n_1$ ) = 84 rpm  
 Poros pengaduk yang digerakan ( $n_2$ ) yang direncanakan adalah 84 rpm. Puli poros pencetak ( $d_1$ ) 3 inch = 76,2 mm, sehingga diameter puli yang digerakan ( $d_2$ ) adalah:
- 2) Menghitung diameter puli poros ( $d_2$ )

$$d_2 = \frac{d_1 \times n_1}{n_2}$$

$$d_2 = \frac{76,2 \text{ mm} \times 84 \text{ rpm}}{84 \text{ rpm}}$$

$$d_2 = 76,2 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan didapat diameter puli poros sebesar  $d_2 = 76,2$  diambil diameter puli mengikuti diameter poros yaitu 88,9 mm atau 3 1/2 inch.

3) Putaran yang ditransmisikan

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2}$$

$$n_2 = \frac{84 \text{ rpm} \times 76,2 \text{ mm}}{88,9 \text{ mm}} = 72 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh kecepatan putar poros sebenarnya adalah  $n_2 = 72 \text{ rpm}$

4) Perbandingan reduksi

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{84 \text{ rpm}}{72 \text{ rpm}}$$

$$i = 1,2$$

#### 4.4. Perancangan V-Belt

Pemilihan sabuk dapat ditentukan dengan melihat daya rencana ( $P_d$ ) sebesar 0,24 kW dan putaran puli motor AC yang direncanakan ( $n_1$ ) sebesar 84 rpm. Dapat dilihat pada gambar diagram pemilihan sabuk, maka didapat penampang sabuk-V dengan tipe A.

1. Menghitung kecepatan linear sabuk-V

$$v = \frac{d p_1 \times n_1}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{76,2 \text{ mm} \times 84 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v = 0,11 \text{ m/s}$$

Maka, dari hasil perhitungan di atas kecepatan linear yang terjadi pada sabuk-V adalah 0,11 m/s

2. Penentuan panjang keliling sabuk-V

Panjang sumbu poros harus sebesar antara 1,5 sampai 2 kali diameter puli besar. Maka diperoleh jarak antara kedua puli yaitu  $C = 380 \text{ mm}$ .

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} \times (d_1 + d_2) + \frac{1}{4C} \times (d_2 - d_1)^2$$

$$L = 2(177,8) + \frac{3,14}{2} \times (76,2 + 88,9) + \frac{1}{4(177,8)} \times (88,9 - 76,2)^2$$

$$L = 615,03 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan yang didapat maka panjang keliling sabuk adalah 615,03 mm, maka dipilih panjang sabuk standar adalah 635 mm

3. Jarak sumbu poros sebenarnya

$$b = 2 \times L - \pi (d_2 + d_1)$$

$$b = 2 \times 635 \text{ mm} - 3,14 (88,9 \text{ mm} + 76,2 \text{ mm})$$

$$b = 751,586 \text{ mm}$$

Maka,

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8}$$

$$C = \frac{751,586 + \sqrt{751,586^2 - 8(88,9 - 76,2)^2}}{8}$$

$$C = 187,79 \text{ mm}$$

Maka, dari hasil perhitungan diatas jarak sumbu poros sebenarnya adalah 187,79 mm

4. Besar sudut kontak sabuk-V dengan puli

$$\theta^\circ = 180^\circ - \frac{57(d_2 - d_1)}{C}$$

$$\theta^\circ = 176,15$$

Hasil perhitungan sudut kontak puli kecil  $\theta^\circ = 176,15$ , maka diambil sesuai standar sudut kontak puli kecil  $\theta^\circ = 180$ , faktor koreksi  $K_{\theta^\circ} = 1$

#### 4.5. Perancangan Rantai

Rantai berfungsi untuk mengalirkan putaran motor AC dari poros utama 1 ke poros utama 2. Diketahui panjang antar sumbu rantai 1870 mm, jumlah bagi rantai yang dipakai yaitu 12,7 mm, gigi *sprocket* 16 dan putaran gearbox 84 rpm.

1. Menghitung kecepatan rantai

$$V = \frac{P \times Z_1 \times n_1}{60 \times 1000}$$

$$V = \frac{12,7 \times 16 \times 84 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v = 0,28 \text{ m/s}$$

Maka, dari hasil perhitungan diatas kecepatan yang terjadi pada rantai adalah 0,42 m/s

2. Menghitung panjang rantai

$$L = P \left( \frac{2 \cdot C}{P} + \frac{Nt_1 + Nt_2}{2} + \frac{(Nt_1 - Nt_2)^2}{4\pi^2 \frac{C}{P}} \right)$$

$$L = 12,7 \left( \frac{2 \cdot 1870 \text{ mm}}{12,7} + \frac{16+16}{2} + \frac{(16-16)^2}{4,3,14^2 \frac{1870 \text{ mm}}{12,7}} \right)$$

$$L = 3843,2 \text{ mm}$$

Maka, dari hasil perhitungan diatas panjang rantai adalah 3843,2 mm

3. Menghitung beban yang bekerja pada rantai

$$F = \frac{102 \times P_d}{v}$$

$$F = \frac{102 \times 0,24 \text{ kW}}{0,28 \text{ m/s}}$$

$$F = 87,43 \text{ kg}$$

Maka, dari hasil perhitungan di atas beban yang bekerja pada rantai sebesar 87,43 kg

#### 5. KESIMPULAN

Dari hasil desain perancangan sistem mekanis alat deteksi cacat kain ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rancangan pada mesin memiliki ukuran dimensi 2100 mm x 2000 mm x 2500 mm menggunakan penggerak motor AC 1 phase 0,2 kW / ¼ HP menggunakan gearbox 1:20 dan menggunakan transmisi *v-belt* untuk menghantar daya putar ke poros dengan kecepatan putar 84 rpm.
2. Tranmisi rantai digunakan untuk menyalurkan putaran dari poros 1 ke poros 2. Poros dengan diameter 30 mm dengan panjang 2120 mm menggunakan material AISI 304.
3. Rancangan alat deteksi cacat kain ini adalah berbentuk horizontal dengan dimensi lebar 2 meter dan tinggi 2 meter, yang mana kain yang nantinya dideteksi kain dengan lebar 1,8 meter lebih mudah tertangkap oleh dua kamera yang berada di sisi atas.
4. Komponen utama alat deteksi cacat kain ini menggunakan penggerak motor listrik berdaya 0,2 kW dengan putaran 84 rpm yang direduksi dengan gear box 1:20.
5. Perencanaan transmisi menggunakan *v-belt* dengan 2 buah puli berdiameter ( $d_1$ ) Ø76,22 mm atau 3 inch dan ( $d_2$ ) Ø88,9 mm atau 3 ½ inch.
6. Tranmisi rantai digunakan untuk menyalurkan putaran dari poros 1 ke poros 2 dengan panjang rantai sebesar 3843,2 mm.
7. Bantalan untuk menompang poros bertipe UCF 204 dengan diameter dalam 20 mm. Untuk poros memiliki diameter 30 mm dan panjang 2120 mm menggunakan material AISI 304 dengan putaran poros 84 rpm dan momen plintir yang didapat sebesar 139,14 kg.mm.
8. Untuk rangka alat deteksi cacat kain menggunakan besi hollow 40 mm x 40 mm x 2,6 mm dengan bahan material menggunakan ASTM A36.
9. Beberapa saran di antaranya: (i) Mengganti poros utama 1 dan poros utama 2 alat deteksi cacat kain menggunakan poros *shaft* padat supaya lebih stabil saat melakukan penggulangan kain. (ii) Mengganti roda pada bagian penompang poros dengan bantalan UCF 204 supaya saat poros sedang berjalan gerakan putarnya stabil dan lebih baik untuk poros.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Saudara Iqbal Bayu Kurniawan yang membuat penelitian ini dapat terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Prayogi, D. P. Sari, dan A. Arvianto, "Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis ( Fmea ) Dan Fault Tree Analysis ( Fta )," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 5, no. 4, 2016, pp. 1–8.
- [2] D. Dewanti, D. F., & Pujotomo, "Analisis Penyebab Kerusakan Produk Akibat Kegagalan Proses Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea)," *Ejournal3.Undip.Ac.Id*, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/13949>.
- [3] Sodikin Imam dan Mustain Ahmad. Perancangan Sistem Informasi Deteksi Cacat Kain Untuk Meningkatkan Kualitas Produk. Yogyakarta: IST AKPRIND Yogyakarta. 2013.
- [4] Millán, María S., and Jaime Escofet. Fabric inspection by near-infrared machine vision. *Optics letters* 29.13, 2004, pp. 1440-1442
- [5] Stojanovic, Radovan, et al. Real-time vision-based system for textile fabric inspection. *Real-Time Imaging* 7.6, 2001, pp. 507-518.
- [6] Vargas, Saulo, et al, Development of an online automated fabric inspection system. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems* 31.1, 2020, pp. 73-83.
- [7] P. T. Kusumahadi, "Analisis Kecacatan Produk Kain Cotton Di Departemen Printing Pada Pt . Kusumahadi Santosa Dengan Metode C- Chart," no. Lcl, 2015, pp. 1–7.
- [8] P. Indahsari, "Manfaat Hasil Belajar Pengetahuan Tekstil Pada Pemilihan Kain Untuk Pembuatan Produk Kriya Tekstil", 2014, Universitas Pendidikan Indonesia, repository.upi.edu, perpustakaan.upi.edu.
- [9] R. L. Mott, *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*, 4 ed. Yogyakarta: Andi Publisher, 2009.
- [10] R. Nur dan M. A. Suyuti, *Perancangan Mesin-Mesin Industri*, 1 ed. Yogyakarta: Deepublish, 2017.
- [11] Sularso dan K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Pramita, 2004.
- [12] Adi, S.P., dan Rizal, B.C., 2015, "Rancang Bangun Mesin Adonan Donat", Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [13] Riduttori, B., dan Dudley, D.W, 2013, "Gear Motor Handbook", Springer.
- [14] Rochim,Taufiq, 1993. Teori dan Teknologi permesinan, Bandung: Higher Education Development Support Project.
- [15]. Rochim,Taufiq. 2007. Proses Permesinan Klasifikasi Proses,Gaya dan Daya Permesinan.Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [16]. Mujiman, dan Santosa, B. 2011. Pembangkit listrik tenaga Pikohidro (PLTPH), Seminar on Electrical, Informatic and Education, Teknik Elektro AKPRIND Yogyakarta.
- [17] N. Hidayat, *Solidwork 3D Drafting and Design*. Bandung: Infomatika, 2013.