

RANCANG BANGUN MESIN PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK HIGH DENSITY POLYETHELENE MENJADI BAHAN BAKAR MENGGUNAKAN PROSES PIROLISIS
(Ahmad Lubi¹, La Ode M. Firman², Sorimuda Harahap³)

ANALISA EKSPERIMENTAL PIPA KALOR *STAINLESS STEEL*
(I Wayan Sugita)

PENGARUH BESAR SUDUT KAMPUH TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN GMAW
(Sopiyan¹, Ferry Budhi Susetyo²)

KONSEP PERANCANGAN KUALITAS SISTEM TRANSMISI
(Erwin)

RANCANG BANGUN ULANG ALAT PENUKAR KALOR TYPE PIPA GANDA DI LABOLATORIUM UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA
(Teguh Riyanto¹, Andi Saidah²)

RANCANG BANGUN DRUM OVEN MESIN PENDINGER LIMBAH IKAN UNTUK PAKAN TERNAK
(Sugeng Priyanto)



JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Vol.2 No.2

E - ISSN 2502-8430

Susunan Team Redaksi Jurnal Kajian Teknik Mesin

Pemimpin redaksi

Andi Saidah

Dewan Redaksi

Sri Endah Susilowati
Harini
Audri Deacy Cappenberg
Fajri Hidayat
Didit Sumardiyanto

Redaksi Pelaksana

Yos Nofendri

English Editor

English Center UTA`45 Jakarta

Staf Sekretariat

Dani
Suyatno

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jl.Sunter Permai Raya, Jakarta Utara, 14350, Indonesia
Telp: 021-647156666-64717302, Fax:021-64717301

JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Vol.2 No.2

E - ISSN 2502-8430

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| RANCANG BANGUN MESIN PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK HIGH DENSITY POLYETHELENE MENJADI BAHAN BAKAR MENGUNAKAN PROSES PIROLISIS (Ahmad Lubi¹, La Ode M. Firman², Sorimuda Harahap³) | 81 |
| ANALISA EKSPERIMENTAL PIPA KALOR <i>STAINLESS STEEL</i> (I Wayan Sugita) | 89 |
| PENGARUH BESAR SUDUT KAMPUH TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL PENGELASAN GMAW Sopiyan¹, Ferry Budhi Susetyo² | 99 |
| KONSEP PERANCANGAN KUALITAS SISTEM TRANSMISI (Erwin) | 106 |
| RANCANG BANGUN ULANG ALAT PENUKAR KALOR TYPE PIPA GANDA DI LABORATORIUM UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA (Teguh Riyanto¹, Andi Saidah²) | 118 |
| RANCANG BANGUN DRUM OVEN MESIN PENGERING LIMBAH IKAN UNTUK PAKAN TERNAK (Sugeng Priyanto) | 128 |

KONSEP PERANCANGAN KUALITAS SISTEM TRANSMISI CONVEYOR

Erwin, ST., MT.
Email : erwin.filest1908@gmail.com
Universitas Darma Persada

ABSTRAK

Pada kondisi perekonomian seperti sekarang ini, jenis industri kecil merupakan industri yang paling memungkinkan untuk dapat berjalan dan bertahan untuk terus memproduksi mengingat banyak industri yang terpuruk akibat dari krisis ekonomi global sehingga banyak terjadinya pemutusan hubungan kerja. Untuk itu perlu dipikirkan suatu konsep perancangan yang berkualitas untuk dapat mendukung industri kecil. Konsep perancangan kualitas sistem transmisi conveyor merupakan kombinasi dari hasil tahapan konsep perancangan sistem transmisi conveyor dengan konsep kualitas, yang mana di era industrialisasi yang semakin kompetitif sekarang ini, setiap pelaku bisnis yang ingin memenangkan kompetisi dalam dunia industri akan memberikan perhatian penuh terhadap kualitas. Perhatian penuh terhadap kualitas akan memberikan dampak positif kepada bisnis melalui dua metode, yaitu dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan. Metode yang di gunakan dalam perancangan konsep kualitas sistem transmisi conveyor adalah *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) yang dapat mengidentifikasi resiko sehingga sumber daya dapat dialokasikan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan.

Kata kunci : Konsep perancangan, kualitas dan sistem transmisi conveyor

ABSTRACT

At the present condition of economics, small industrial type is industry that is very enables to be able to mass production, many industries depressed effect because global economics crisis, so that many the happening of disconnection of the jobs relation. For the purpose needs thought of a scheme concept with quality to be able to support small industry type. Scheme concept of quality of conveyor transmission system is combination from result of scheme concept step of conveyor transmission system with quality concept, which in industrialization era that is increasingly competitive present, every business perpetrator which wish to the winner competition in industrial world will give full attention to quality. Full attention to quality, will be give the positive impact to business through two methods, that is to production cost and profit impact. The using method in quality conceptual design of conveyor

transmission system is Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) to identify the risk so and could be allocation to the lessen or failure eliminates.

Keyword : Concept design, quality and transmission system

I. PENDAHULUAN

Manusia dalam kegiatan/aktifitas sehari-harinya banyak mengalami kesulitan-kesulitan dikarenakan kemampuan (tenaga) yang dimiliki manusia sangat terbatas. Keterbatasan inilah, maka manusia mulai berpikir untuk membuat peralatan/mesin-mesin yang dapat berfungsi untuk membantu meringankan kerja manusia, dan menggantikan pekerjaan yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Pada saat ini iklim perekonomian dunia sedang mengalami kondisi krisis ekonomi, karena krisis ini maka kita harus memikirkan agar segala sesuatu dapat dikerjakan dengan seefisien mungkin. Bahkan kalau perlu hanya dengan melakukan satu pekerjaan mendapatkan hasil yang lebih efisien. Pada keadaan perekonomian seperti saat ini, jenis industri kecil merupakan industri yang paling memungkinkan untuk dapat berjalan dan bertahan untuk terus berproduksi dan memberikan peluang untuk berwirausaha mengingat banyak industri yang terpuruk sehingga banyak terjadinya pemutusan hubungan kerja. Untuk itu perlu dipikirkan suatu peralatan yang berkualitas untuk dapat mendukung dunia industry, salah satunya adalah conveyor / ban berjalan yang berfungsi sebagai penghantar suatu produk dari stasiun ke stasiun lainnya. Dalam konsep perancangan ini yang akan di bahas adalah system transmisi penggerak dari ban berjalan yang memiliki kualitas yang handal.

Dalam era industrialisasi yang semakin kompetitif sekarang ini, setiap pelaku bisnis yang memenangkan kompetisi dalam dunia industri akan memberikan perhatian penuh kepada kualitas. Perhatian penuh kepada kualitas akan memberikan dampak positif kepada bisnis melalui dua metode, yaitu : dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan. Dampak terhadap biaya produksi terjadi melalui pembuatan produk yang memiliki derajat konformasi yang tinggi terhadap standar – standar sehingga bebas dari dari tingkat kerusakan yang mungkin. Dengan demikian proses produksi yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan produk berkualitas yang bebas dari kerusakan. Itu berarti

dihindarkan terjadinya pemborosan dan inefisiensi sehingga ongkos produksi per unit akan menjadi rendah yang pada gilirannya akan membuat harga produk menjadi kompetitif.

Dampak terhadap peningkatan pendapatan terjadi melalui peningkatan penjualan atas produk berkualitas yang berharga kompetitif. Produk - produk berkualitas yang dibuat melalui suatu proses yang berkualitas akan memiliki sejumlah keistimewaan yang mampu meningkatkan kepuasan konsumen atas penggunaan produk itu. Karena setiap konsumen pada umumnya akan memaksimalkan utilitas dalam mengkonsumsi produk, jelas bahwa produk – produk berkualitas tinggi pada tingkat harga yang kompetitif (karena ongkos per unit yang rendah) akan dipilih oleh konsumen. Hal ini akan meningkatkan penjualan dari produk – produk itu yang berarti pula meningkatkan pangsa pasar sehingga pada akhirnya akan meningkatkan pendapat para wirausahawan.

Maksud dan tujuan dilakukan konsep perancangan kualitas sistem transmisi conveyor ini adalah perancang dapat mengidentifikasi dan menilai resiko sehingga sumber daya yang ada dapat dialokasikan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan dalam konsep perancangan sistem transmisi conveyor.

Metode analisis yang digunakan didalam konsep perancangan kualitas sistem transmisi conveyor ini adalah *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) yang dapat mengidentifikasi resiko sehingga sumber daya dapat dialokasikan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan, adapun tahapannya sbb.;

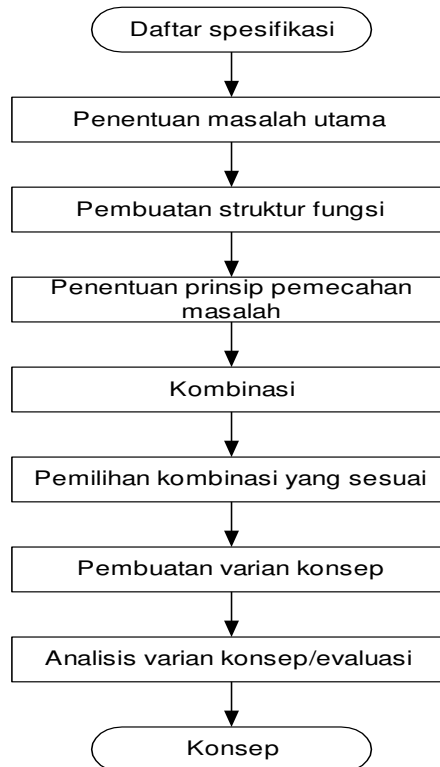
1. Mengidentifikasi model kesalahan potensial.
2. Mengidentifikasi dampak potensial dari tiap kegagalan dan menghitung dampak yang signifikan.
3. Mengidentifikasi penyebab kekurangan akibat kegagalan dan seberapa sering kegagalan tersebut muncul.
4. Mendeteksi model kesalahan dan cara menghilangkan resiko.

Melakukan tindakan perbaikan.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Perancangan Konsep

Perancangan konsep merupakan bagian dari proses desain yang membahas mengenai abstraksi, pembuatan struktur fungsi, pencarian dalam kombinasi prinsip solusi, pemilihan kombinasi yang sesuai, pembuatan varian konsep dan evaluasi. Untuk lebih jelasnya tahap-tahap perancangan konsep dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Tahapan perancangan konsep

Abstraksi bertujuan untuk mengetahui dan memecahkan masalah utama yang dihadapi berdasarkan pada pendapat dan ide yang dituangkan dalam perancangan. Prinsipnya adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberi penekanan pada hal-hal yang bersifat umum. Struktur fungsi digambarkan dengan balok diagram yang menunjukkan hubungan antara input dan output. Dimana input dan output berupa aliran energi, material/bahan dan sinyal. Hubungan itu harus dijelaskan dengan tepat. Dasar-dasar pencarian prinsip solusi diperoleh dari berbagai sub fungsi dengan melakukan berbagai kombinasi. Dalam tahap ini akan dicari sebanyak mungkin variasi solusi. Ada beberapa metode pencarian prinsip solusi yang dapat digunakan salah satunya adalah Metode kombinasi yang merupakan metode yang mengkombinasikan semua kemungkinan solusi yang ada. Metode kombinasi ini lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional dan metode intuitif. Metode yang digunakan adalah metode bentuk matriks, dimana sub fungsi

dan prinsip solusi dimasukkan ke dalam daftar kolom dan baris. Apabila kombinasi solusi yang ada terlalu banyak, maka diperlukan waktu yang lama untuk memiliki solusi yang terbaik. Prosedur yang dapat dilakukan adalah mengurangi kombinasi yang ada dengan mengeleminasi dan memilih solusi yang terbaik. Sebuah konsep dikatakan baik apabila memenuhi beberapa persyaratan yang antara lain adalah: kualitas, kenyamanan, keamanan, kemudahan dalam produksi, kemudahan dalam perakitan, kemudahan dalam perawatan, harga produksi yang terjangkau, dan lain sebagainya.

2.2. Kualitas

Kata kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda, dan bervariasi dari yang konvensional sampai yang lebih strategik. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti : performansi, keandalan, mudah dalam penggunaan, estetika, dsb. Bagaimanapun para perancang teknik mesin yang sedang berkompetisi dalam memenangkan pasar industri perumahan harus memberikan perhatian serius pada definisi strategik, yang menyatakan bahwa : kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan.

Keistimewaan atau keunggulan produk dapat diukur melalui tingkat kepuasan pelanggan. Keistimewaan ini tidak hanya terdiri dari karakteristik produk yang ditawarkan, tetapi juga pelayanan yang menyertai produk itu, seperti : cara pemasaran, cara pembayaran, ketepatan penyerahan, dan lain – lain. Keistimewaan suatu produk dapat dibagi ke dalam dua bagian, yaitu : Keistimewaan langsung dan keistimewaan atraktif. Keistimewaan langsung berkaitan dengan kepuasan pelanggan yang diperoleh secara langsung dengan mengkonsumsi produk yang memiliki karakteristik unggul seperti produk tanpa cacat, keterandalan dan lain – lain. Sedangkan keistimewaan atraktif berkaitan dengan mengkonsumsi produk tersebut. Keistimewaan atraktif sering memberikan kepuasan pelanggan yang lebih besar pada pelanggan dibandingkan keistimewaan langsung. Keistimewaan atraktif dapat meningkatkan kepuasan pelanggan secara cepat, meskipun untuk itu membutuhkan inovasi dan pengembangan secara terus – menerus.

Failure Modes and Effect Analysis adalah salah satu *tool* analisa kualitas yang sangat komprehensif. FMEA merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai resiko yang berhubungan dengan sumber potensial kegagalan produk atau

proses. Dengan mengidentifikasi resiko, sumber daya dapat dialokasikan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan (*failures*).

1. Identifikasi *Potensial Failure Modes* *Potensial failure modes* adalah bentuk kegagalan dari produk, jasa atau proses.
2. Identifikasi *Potensial Effect* dari tiap kegagalan dan hitung *Severity*
 - *Potensial effect* adalah dampak yang ditimbulkan bila *failure modes* tidak dicegah
 - *Severity* adalah seberapa signifikan dampak yang ditimbulkan oleh *potensial effect* baik internal dan eksternal.
3. Identifikasi *Causes* dan hitung *Occurrence*
 - *Causes* adalah kekurangan (*deficiency*) yang mengakibatkan kegagalan (*failure*).
 - *Occurrence* adalah seberapa sering *cause* muncul
4. Hitung kemampuan untuk mendeteksi tiap *failure modes* (*detection*)
5. Kalikan ketiga angka yang ada, yaitu *Severity*, *Occurrence*, *Detection* untuk mendapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*)

$$\text{RPN} = \text{SEV} \times \text{OCC} \times \text{DET}$$

Ref. : 6 *SIGMA Advance Tools*
Pocked Guide

RPN adalah perhitungan numerik dari resiko *relative* dari suatu kegagalan. RPN digunakan untuk memberikan prioritas pada *item* mana yang membutuhkan tindakan perbaikan segera.

6. identifikasi cara untuk menghilangkan resiko yang ditandai dengan tingginya nilai RPN.

Untuk dapat menentukan nilai perhitungan resiko, yaitu *Severity*, *Occurance* dan *Detection*, maka harus digunakan standar ukuran tertentu.

2.3. Sistem Transmisi

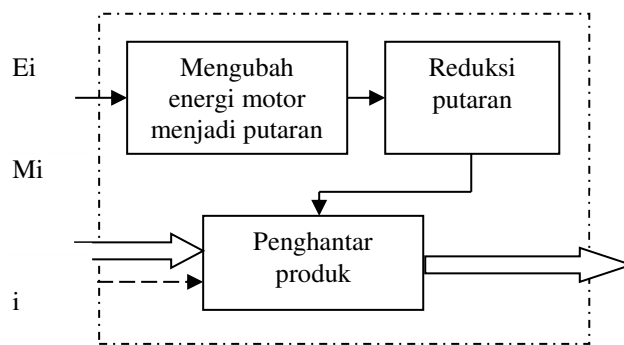
Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi pytaran atau daya yang lain dapat diterapkan, dimana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan disekeliling puli atau sprocket pada poros. Transmisi dengan elemen mesin yang luwes dapat digolongkan atas transmisi sabuk, transmisi rantai dan kabel atau tali. Dari macam – macam transmisi tersebut, kabel

atau tali hanya dipakai untuk maksud khusus. Transmisi sabuk menggunakan sabuk-V karena mudah penanganannya dan harganya murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 (m/s) pada umumnya, dan maksimum 25 (m/s). Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 (kW). Karena terjadi slip antara puli dan sabuk, sabuk-V tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat. Dengan sabuk gilir transmisi dapat dilakukan dengan perbandingan putaran yang tepat seperti pada roda gigi. Karena itu sabuk gilir telah digunakan secara luas didalam dunia industri.

Transmisi rantai dapat dibagi atas rantai rol dan rantai gigi, yang dipergunakan untuk meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat pada jarak sumbu poros sampai 4 (m). Kecepatan yang dizinkan untuk rantai rol adalah sampai 5 (m/s) pada umumnya, dan maksimum sampai 10 (m/s). Untuk rantai gigi kecepatannya dapat dipertinggi hingga 16 sampai 30 (m/s).

III. ANALISA KUALITAS PERANCANGAN

Struktur fungsi pada ban berjalan didefinisikan sebagai hubungan antara input dan output suatu system teknik yang akan menjalankan suatu tugas tertentu.



Gambar 3.1. Struktur fungsi

Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan selanjutnya dicari prinsip solusi dan kombinasi prinsip solusi yang kemudian dilakukan pemilihan kombinasi prinsip solusi untuk memilih konsep varian berdasarkan table dibawah :

| o. | Prinsip Solusi Sub Fungsi | I | II |
|----|---------------------------------|---------------|--------------|
| | Sumber Energi | Motor Listrik | Motor Bensin |
| | Reduksi Putaran | Puli | proket |
| | Sistem Transmisi | Sabuk | Rantai |
| | Rangka | si Siku | esi Kotak |

Tabel 3.1 Pemilihan kombinasi prinsip solusi

Untuk dapat mengidentifikasi sebab-sebab terjadinya masalah secara lebih spesifik, menyeluruh dan disertai dengan pembobotan angka resiko yang ditimbulkan, maka digunakan *tool* FMEA. FMEA adalah sebuah prosedur yang mampu melihat peluang-peluang kegagalan (*failure*) dari suatu produk atau proses dan disertai dengan pemberian bobot resiko *relative* untuk tiap-tiap kegagalan berdasarkan kemungkinan dan dampak dari kegagalan tersebut. FMEA dapat memudahkan penyusunan tindakan perbaikan (*corrective action*) yang diperlukan pada tahap selanjutnya, yaitu tahap *Improve*, karena di dalam FMEA sudah terhitung besarnya nilai resiko dari tiap-tiap kegagalan. Berdasarkan nilai-nilai resiko tersebut, maka nilai resiko yang terbesar harus segera dibuatkan tindakan perbaikannya, seperti pada table dibawah :

Tabel 3.2 *Failure Mode Effect Analysis*

| Sistem Transmisi Conveyor | | <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--|---|--------------|---|---|----|
| Lokasi Kegagalan | Tipe Kegagalan | Konsekuensi Kegagalan | Penyebab Kegagalan | Arah Situasi | | | |
| | | | | O | S | D | RN |
| Puli | Terjadi slip | Tidak dapat meneruskan perbandingan putaran yang tepat | Gaya gesekan berkurang dikarenakan mengecilnya sudut kontak | 7 | 4 | 2 | 56 |
| Sproket | Variasi kecepatan | Variasi kecepatan sulit dihindari | Lintasan busur pada sprocket yang mengait mata rantai | 7 | 7 | 2 | 98 |
| Sabuk | Umur sabuk | Penggantian sabuk lebih sering | Diameter puli yang terlalu kecil | 2 | 2 | 6 | 24 |
| Rantai | Rantai bergetar | Tingkat kebisingan lebih tinggi | Rantai bergetar karena fluktuasi kecepatan & variasi beban | 7 | 7 | 1 | 49 |

Keterangan :

1. *Occurrence* / Kejadian :

Kemungkinan kejadian (kegagalan bisa terjadi) :

- Sangat rendah = 1
- Rendah = 2-3
- Sedang = 4-6
- Tinggi = 7-8
- Sangat tinggi = 9-10

2. *Severity* / Dampak Penting :

Dampak dari pelanggan

- Dampak yang sangat nyata = 1
- Kegagalan tidak penting (masalah kecil dipelanggan) = 2-3
- Layak menjadi kegagalan yang serius = 4-6

- Kegagalan serius (mengganggu pelanggan) = 7-8
- Kegagalan dengan dampak negatif yang besar = 9-10

3. *Detection* / Pendeteksian :

Kemungkinan deteksi (sebelum pengiriman ke pelanggan)

- Sangat tinggi = 1
- Tinggi = 2-5
- Sedang = 6-8
- Rendah = 9
- Sangat rendah = 10

4. Jumlah Resiko :

- Tinggi = 1000
- Sedang = 125
- Tidak ada resiko = 1

Sesuai dengan tujuan dibuatnya FMEA, yaitu menjabarkan seluruh potensi penyebab kegagalan, maka hasil yang diperoleh dari tabel FMEA diatas adalah berupa identifikasi sebab masalah yang paling dominant, dimana penyebab tersebut ditandai dengan nilai RPN yang paling tinggi. Pembobotan angka Sev (*Severity*), Occ (*Occurance*), dan Det (*Detection*) untuk masing-masing kegagalan (*failure modes*) dilakukan secara subjektif dengan berdasarkan data *histories* atau pengalaman perancang, berdasarkan hasil diskusi dengan pihak yang cukup ahli dalam proses manufaktur produk ini. Nilai-nilai tersebut ditentukan dengan mengikuti petunjuk skala pembobotan dari standar penentuan yang ada.

Dari perkalian nilai-nilai Sev, Occ, dan Det inilah diperoleh angka RPN untuk seluruh kegagalan. Nilai RPN yang telah diperoleh selanjutnya akan dijadikan sebagai patokan untuk prioritas penanganan atau perbaikan kegagalan. Dari tabel FMEA yang telah

dibuat, bila dilihat pada kolom nilai RPN nya, maka pada masing-masing tahapan proses terdapat setidaknya nilai RPN yang rendah yaitu penggunaan system transmisi puli dan sabuk yang memiliki resiko terendah dari perancangan sistem reduksi putaran dan transmisi conveyor.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada konsep perancangan kualitas system transmisi conveyor, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pemilihan kombinasi prinsip solusi untuk memilih konsep varian yang terbaik dalam perancangan sistem transmisi conveyor didapatkan 2 (dua) sistem untuk mereduksi putaran yaitu : puli dan sprocket, dan 2 (dua) sistem transmisi yaitu : sabuk dan rantai.
2. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* maka didapatkan hasil penilaian terhadap resiko kegagalan yang akan terjadi, dengan resume data penilaian resiko sbb.:

Tabel 4.1 Resume *Failure Mode Effect Analysis*

| Reduksi putaran & sistem transmisi | <i>Occurrence</i> / Kejadian | <i>Severity</i> / Dampak Penting | <i>Detection</i> / Pendeteksian | Jumlah Resiko |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Puli | 7 | 4 | 2 | $7 \times 4 \times 2 = 56$ |
| Sabuk | 2 | 2 | 6 | $2 \times 2 \times 6 = 24$ |

3. Dari hasil analisa metode *Failure Mode Effect Analysis* didapatkan pemilihan sistem untuk reduksi putaran dan transmisi yang terbaik dari konsep perancangan berdasarkan aspek kualitas dari sistem transmisi conveyor adalah penggunaan puli dan sabuk yang paling rendah terjadi resiko kegagalan didalam sistem operasionalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Augustine A. Stagliano, "Rath & Strong's Six Sigma Advance Tools Pocket Guide, McGraw Hill, 2004.
- [2] Pande, Neuman, Cavanagh, *The Six Sigma Way : How GE, Motorola, and Other Top companies are Honing Their performance*, McGraw Hill, New York, 2000.
- [3] Rao et al, *Total Quality Management: A Cross Functional Perpective*, Jhon Wiley & Sons, Inc., Canada, 1996.
- [4] Rath & Strong, *Six Sigma Pocket Guide*, Rath & Strong, Massachusetts, 2000.
- [5] G. Pahl and W. Beitz, *Engineering Design, Second Edition*, Springer, London, 1996
- [6] Vincent Gaspersz, *Total Quality Management*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2001