

PERANCANGAN SISTEM KONVEYOR PEMBERSIH SAMPAH PADA SALURAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN TENAGA AIR

Riky Adhianto¹⁾; Rofi Yuwana Felvi²⁾

^{1),2)}Teknik Rekayasa Perancangan Manufaktur, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur,
Manufaktur Bandung

Email: riky@polman-bandung.ac.id¹⁾; rofiyf@gmail.com²⁾

Abstrak

Saluran air berfungsi sebagai saluran air pembuangan dan/atau air hujan yang disalurkan menuju suatu tempat yang lebih rendah agar tidak menjadi masalah bagi lingkungan dan kesehatan. Sampah yang terdapat di saluran air dalam jumlah besar tentu mengurangi fungsi atau bahkan bisa merusak saluran air itu sendiri. Penanganan sampah yang dilakukan masih menggunakan tenaga manusia sebagai pembersih utama. Dari permasalahan ini, maka diperlukan sebuah alat bantu untuk mengurangi sampah yang terbawa oleh air. Sistem konveyor pembersih sampah yang diinginkan adalah alat bantu yang mudah, murah biaya perawatan dan murah biaya pemakaian serta dapat diterapkan di berbagai saluran air. Maka dibuatlah rancangan sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air dengan menggunakan tenaga air. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan rancangan sistem konveyor yang ditempatkan pada saluran air sebagai pembersih sampah dan melakukan validasi rancangan. Metode perancangan yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2222. Tahapan penyelesaian yang dilakukan antara lain perencanaan dan klarifikasi tugas, pembuatan daftar tuntutan, pembuatan konsep dasar, perancangan sistem konveyor, dan validasi rancangan. Hasil akhir adalah draft rancangan sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air dengan menggunakan tenaga air yang sudah diverifikasi dan dikontrol kekuatannya. Beberapa komponen yang dianggap kritis akan dilakukan kontrol perhitungan, baik secara teoritis maupun validasi dengan software CAE. Rancangan yang dibuat ini sudah memenuhi daftar tuntutan dan aman.

Kata Kunci: saluran air, sampah, sistem konveyor, tenaga air, VDI 2222, CAE

Abstract

The water channel functions as a drainage channel and / or rainwater which is channeled to a lower place so that it does not become a problem for the environment and health. Garbage in the waterways in large quantities certainly reduces its function or can even damage the waterways themselves. Waste handling that is carried out still uses human labor as the main cleaner. From this problem, we need a tool to reduce waste carried by water. The desired waste cleaning conveyor system is an easy tool, low maintenance costs and low usage costs and can be applied in various water channels. Then a conveyor system design for cleaning garbage in the water channel is made using water power. The purpose of this research is to produce a conveyor system design that is placed in the water channel as a garbage cleaner and to validate the design. The design method used is the VDI 2222 design method. The stages of completion include planning and clarifying tasks, making a list of demands, making basic concepts, designing the conveyor system, and validating the design. The final result is a draft of a conveyor system design for cleaning waste in waterways using verified and controlled strength of water power. Some components that are considered critical will be controlled calculations, both theoretically and validated by the CAE software. This design has met the list of demands and is safe.

Keywords: water channel, garbage, conveyor systems, hydropower, VDI 2222, CAE

I. PENDAHULUAN

Saluran air atau yang biasa disebut dengan selokan adalah saluran air pembuangan dan/atau air hujan yang disalurkan menuju suatu tempat yang lebih rendah agar tidak menjadi masalah bagi lingkungan dan kesehatan. Selokan umumnya terdapat di area pinggir jalan, didesain khusus untuk mengalirkan air pembuangan rumah tangga, kelebihan air hujan dan air permukaan dari jalan raya, tempat parkir, sisi jalan, dan atap bangunan. Dimensi selokan dihitung berdasarkan curah hujan

tertinggi, aliran air buangan ataupun air tanah (khususnya di daerah pegunungan), ataupun dari waduk untuk mengalirkan air keperluan irigasi lahan pertanian. Jika saluran air terlalu kecil maka dapat mengakibatkan air dari saluran tersebut meluap keluar dari selokan bahkan dapat mengakibatkan banjir.

Saat sekarang ini banyak saluran alir yang tidak berfungsi dengan semestinya karena perbuatan manusia. Kesadaran masyarakat dalam membuang sampah yang tidak pada tempatnya menimbulkan

berbagai macam masalah, salah satu masalah yang terjadi terdapat di sungai atau saluran buatan. Sampah yang terdapat di sungai atau saluran buatan dalam jumlah besar tentu mengurangi fungsi atau bahkan bisa merusak infrastruktur yang ada. Hal ini dapat mengakibatkan aliran air terhambat, sehingga aliran air dapat meluap dan menggenangi daerah di sekitarnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2000, dari 80.235,87 ton sampah yang ditimbulkan oleh 384 kota setiap hari, 4,9% diantaranya dibuang ke sungai. Berarti sekitar 3.931,56 ton sampah dibuang ke sungai setiap hari (Raharjo, 2015). Berat jenis sampah berkisar antara 0,0116 - 0,2494 kg/L dengan rata-rata sebesar 0,0909 kg/L.



Gambar 1. Terdapatnya sampah pada selokan air Polman Bandung
(Sumber: Dokumen pribadi)

Pada umumnya penanganan sampah sungai dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia sebagai pembersih utama dan ada juga yang menggunakan bantuan alat seperti back hoe sebagai alat bantu. Melihat permasalahan ini, maka diperlukan sebuah sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air yang berfungsi sebagai alat bantu untuk mengurangi sampah yang terbawa oleh air pada saluran air sehingga dapat mencegah banjir. Sistem konveyor pembersih sampah yang diinginkan adalah alat bantu yang murah dan minim biaya perawatan maupun biaya pemakaian alat dan dapat diterapkan diberbagai tempat. Untuk tahap awal nantinya alat ini akan dimanfaatkan pada saluran air Polman, dimana saluran air pada saat ini masih terdapat sampah yang terbawa arus air sebanyak 20 kg/hari, data tersebut di dapat dari pengambilan data timbulan sampah yang dilakukan.

II. LANDASAN TEORI

Sampah

Sampah adalah suatu bahan sisa dari kegiatan sehari-hari manusia maupun proses-proses alam yang berbentuk padat baik bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun barang yang sudah tidak bisa dimanfaatkan (Undang-Undang No. 18 , 2008). Dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna
TEDC Vol. 15 No. 1, Januari 2021

dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan.



Gambar 2. Saluran air yang dipenuhi sampah

Menurut Damanhuri & Padmi, 2010, secara praktis sumber sampah dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu sampah yang berasal dari permukiman, atau sampah rumah tangga dan sampah yang berasal dari non-permukiman yang sejenis sampah rumah tangga, seperti dari pasar, daerah komersial, dsb. Sampah dari kedua jenis sumber ini dikenal sebagai sampah domestik, sedangkan sampah non-domestik adalah sampah atau limbah yang bukan sejenis sampah rumah tangga, misal limbah dari proses industri.

Selain dari kedua sumber tersebut, terdapat pula sampah yang cukup banyak dijumpai pada sungai atau saluran buatan. Sampah dari masing-masing sumber tersebut dapat dikatakan mempunyai karakteristik yang khas sesuai dengan variasi aktivitas dan besarnya. Menurut Wibowo and Djajawinata, (2007), berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2000, dari 80.235,87 ton sampah yang ditimbulkan oleh 384 kota setiap hari, 4,9% diantaranya dibuang ke sungai. Berarti sekitar 3.931,56 ton sampah dibuang ke sungai setiap hari. Berat jenis sampah berkisar antara 0,0116 - 0,2494 kg/L dengan rata-rata sebesar 0,0909 kg/L (Raharjo dan Geovani, 2015).

Sebagian besar sampah yang ada di sungai merupakan sampah-sampah jenis ringan seperti plastik. Sampah plastik dapat dijumpai disekitar wilayah hulu (daerah pegunungan), tengah (permukiman penduduk, industri, perdagangan), dan sampai ke daerah hilir (sungai, danau, laut). Dampak yang paling buruk akan terasa apabila musim penghujan tiba, daerah hilir aliran sungai akan terkena dampak langsung yaitu kiriman sampah dan daerah tersebut akan menjadi tempat penampungan sampah, sehingga sangat berefek negatif bagi lingkungan.

Sungai

Sungai adalah torehan di permukaan bumi yang merupakan wadah dan penyalur aliran air dari hulu yang lebih tinggi ke bagian hilir yang lebih rendah dan dapat bermuara ke sungai lain, ke danau atau ke laut (SNI 03-2526-1991, 1991). Air bergerak turun melalui kanal sungai karena pengaruh gaya gravitasi. Kecepatan aliran meningkat sesuai dengan kemiringan sungai. Energi aliran air sungai meningkat sejalan dengan peningkatan kemiringan dan volume air, sehingga mampu membawa muatan, dimana muatan itu dapat dimanfaatkan.



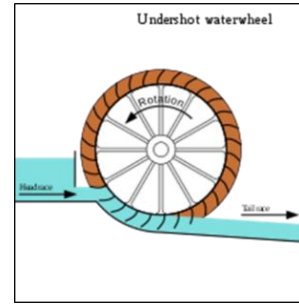
Gambar 3. Saluran air atau sungai

Kincir Air

Kincir air adalah semacam roda besar yang dilengkapi dengan sudu timba atau pengambil air yang terbuat dari bambu atau bahan lainnya yang berputar, dikarenakan aliran air untuk menaikkan air dari sungai ke arah sawah yang lebih tinggi posisinya. Besarnya debit air yang biasa dinaikan oleh kincir selalu tergantung pada ketersediaan air yang mengalir, jumlah dan besarnya tabung pembawa air, lamanya tabung tersebut terendam dalam air, jumlah putaran kincir serta posisi tabung (Ahmad, 2003).

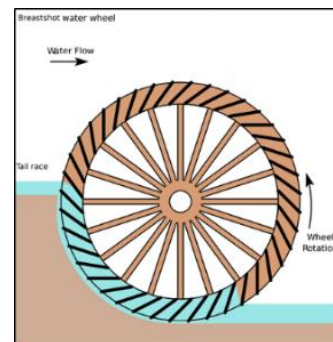
Umumnya sistem kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang dipasang pada sekeliling roda. Selain itu, kincir air dapat dikelompokkan berdasarkan aliran arah tembak fluida pada sudu kincir yaitu (Morong, 2016):

- a. Kincir air tipe *undershot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Roda kincir berputar hanya karena tumbukan air yang berbentuk percikan air pada sudu roda, berbentuk lurus searah radial.



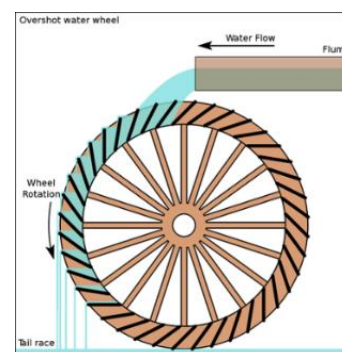
Gambar 4. Undershot Water Wheel

- b. Kincir air tipe *breastshot* merupakan perpaduan antara kincir *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Kincir air *breastshot* juga memerlukan beda tinggi dengan pancaran air. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air (Budi, 2013).



Gambar 5. Breatshot Water Wheel

- c. Kincir air tipe *overshot* adalah tipe kincir yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir dan karena gaya berat air kincir berputar. Kincir air *overshot* memerlukan beda tinggi dengan pancaran air. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir lain (Budi, 2013).



Gambar 6. Overshot Water Wheel

Konveyor

Konveyor adalah suatu mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Konveyor banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan.

Dalam kondisi tertentu, konveyor banyak dipakai dikarenakan mempunyai nilai ekonomis dibanding dengan transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. Konveyor dapat memobilisasi benda dalam jumlah banyak dan secara kontinyu dari suatu tempat ke tempat lain dan harus mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan dari sistem ini diantaranya tidak mempunyai fleksibilitas saat jumlah barang yang masuk tidak kontinyu dan lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap.

Konveyor mempunyai berbagai jenis yang disesuaikan dengan karakteristik barang yang diangkut. Jenis-jenis konveyor tersebut antara lain *apron, overhead, bucket, screw, flight, pivot, load propelling, car, roller, vibrating* dan *hydraulic*.

Wiremesh Konveyor

Wiremesh konveyor adalah sistem mekanik berbahan dasar material yang berguna sebagai transportasi barang. Bahan material tersebut dihubungkan satu dengan yang lain dengan cara dilas, ada juga yang dihubung dengan pin sehingga membentuk lembaran. Konveyor yang menggunakan *wire mesh* (anyaman kawat) sebagai *belt*, ini dimaksud agar bisa diaplikasikan pada sistem oven konveyor karena *wire* (biasanya dari material sus 304/316) agar tahan panas atau dengan tujuan lain. Lazimnya konstruksinya dirangkai dengan rantai yang nantinya akan melewati sproket penggerak serta batang *rod* sebagai penguat.

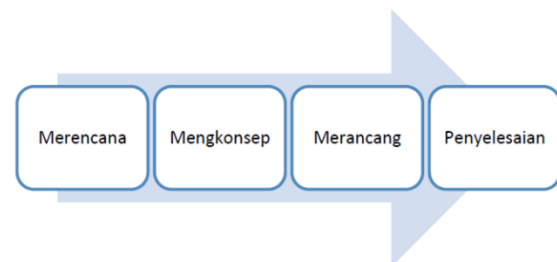
Wiremesh konveyor biasa digunakan dan dipilih karena memang terbilang lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan alat transportasi lainnya. Ada banyak penggunaan *wiremesh* konveyor dalam kehidupan sehari-hari maupun industri. Misalnya dalam industri biasanya bisa diterapkan sebagai media transportasi barang yang sifatnya berkelanjutan. Konveyor *wiremesh* juga bisa digunakan sebagai *filter* atau saringan karena jenis *wiremesh* cocok digunakan sebagai *filter* atau penyaring. Baik *filter* untuk benda padat maupun *filter* dalam penerapan benda cair.



Gambar 1. Wire mesh Konveyor

III. METODOLOGI PERANCANGAN

Adapun metode tahapan perancangan yang penulis gunakan dalam menyelesaikan perancangan alat pembersih saluran air dengan menggunakan tenaga air ini adalah dengan menggunakan metode VDI 2222 pada Gambar 8, dengan tahapan utamanya merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian.



Gambar 8. Diagram alir VDI 2222

Tahap Merencana

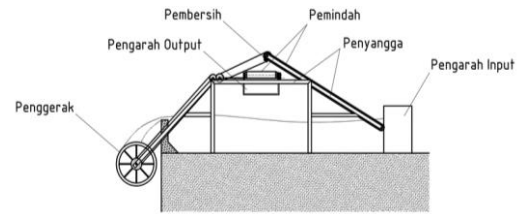
Pada tahap merencana ini dilakukan tahap identifikasi masalah yang ada pada saluran air, yaitu terjadi penumpukan sampah pada saluran air sehingga saluran air tidak berfungsi dengan semestinya, dan penanganan sampah masih menggunakan tenaga manusia sebagai pembersih utama dan ada juga yang menggunakan bantuan alat bantu sehingga membutuhkan tenaga dan waktu yang cukup banyak untuk membersihkan saluran air. Adapun dilakukannya pengumpulan data sebagai perencanaan solusi desain berupa studi pustaka, wawancara, dan observasi di lapangan.

Tahap Mengkonsep

Pada tahap mengkonsep ini dilakukan pembuatan daftar tuntutan yang akan digunakan sebagai acuan pembuatan rancangan. Dimana daftar tuntutan ini diperoleh berdasarkan data yang telah dikumpulkan, baik dari studi lapangan maupun studi pustaka. Dari daftar tuntutan ini, akan dibuat konsep rancangan yang paling optimal terhadap penilaian aspek teknis dan ekonomis.

Tabel 1. Daftar tuntutan rancangan alat

Tuntutan	Keterangan	
Panjang	< 4000 mm	Mesin yang dirancang berdasarkan saluran air yang ada di Polman Bandung.
Lebar	< 1000 mm	
Tinggi	< 1600 mm	
Penggerak	Tenaga Air	Memanfaatkan energi terbarukan.
Kecepatan Konveyor	0,1 – 0,5 m/s	
Kapasitan Konveyor	20 kg/hari	Berdasarkan pengambilan data.
Sistem Transmisi	Rantai Sepeda	



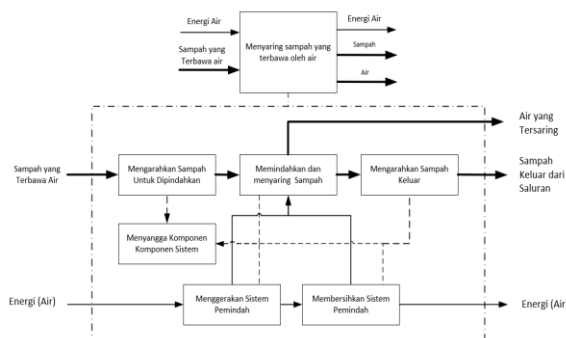
Gambar 10. Konsep rancangan alat pembersih saluran air

Setelah semua fungsi bagian yang terdapat pada alat pembersih saluran air ini terdefinisi dan mengacu pada konsep rancangan awal tersebut maka struktur fungsi bagian dapat disusun seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Struktur fungsi bagian

Fungsi utama dari konstruksi yang dirancang adalah untuk memindahkan sampah yang berada dipermukaan air pada saluran air dengan memanfaatkan tenaga air sebagai penggerak. Untuk memudahkan mendefinisikan fungsi bagian yang dibutuhkan, salah satu caranya adalah dengan menggunakan bantuan diagram *black box* seperti pada Gambar 9, dimana diuraikan kondisi input, proses, dan output dari alat angkut sampah tersebut.



Gambar 9. Diagram *Black Box* dan pendefinisian fungsi bagian

Perancangan alat penyaring sampah ini dilakukan dengan merujuk kepada perpaduan antara konstruksi konveyor *wiremesh* sebagai pemindahnya dan konstruksi kincir air sebagai penggerak, dengan memperhatikan referensi konstruksi tersebut, penguraian bagian fungsi dapat dipermudah. Dengan demikian konsep rancangan dapat dibuat seperti yang tampak pada Gambar 10.

Untuk mencapai hasil desain yang ideal, dibutuhkan perancangan awal atau penetapan alternatif komponen yang bisa memenuhi fungsi-fungsi tersebut. Diharapkan minimal dapat dicari tiga alternatif rancangan komponen sebagai pembanding, dengan membandingkan beberapa alternatif rancangan tersebut terhadap pemenuhan aspek teknis maupun ekonomis, maka diharapkan akan memperoleh hasil rancangan akhir yang paling optimal. Maka dari itu, dilakukan pertimbangan beberapa alternatif fungsi bagian seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Matriks Morfologi

Fungsi Bagian	Alternatif		
	Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
Fungsi Penyangga	Casting	Baja Profil	Di Beton
Fungsi Pengarah Input	0	Wiremesh	Langsung
Fungsi Pemindah	Hook Screen	Perforated Plate & Paddle	
Fungsi Pengarah Output	Hopper	Shooter	
Fungsi Penggerak	Overshot	Breastshot	Undershot
Fungsi Pembersih	Rotating Brush	Strip Brush	Wiper
Alternatif Fungsi Kombinasi	AFK 1	AFK 2	AFK 3

Dari tabel matriks morfologi di atas telah dihasilkan tiga alternatif fungsi kombinasi sehingga dapat ditentukan mana alternatif fungsi yang paling optimal, kemudian dilakukan penilaian terhadap masing masing alternatif fungsi kombinasi tersebut. Adapun hasil penilaiannya dapat dilihat pada Tabel 3 & Tabel 4 berikut:

Tabel 3. Penilaian teknis

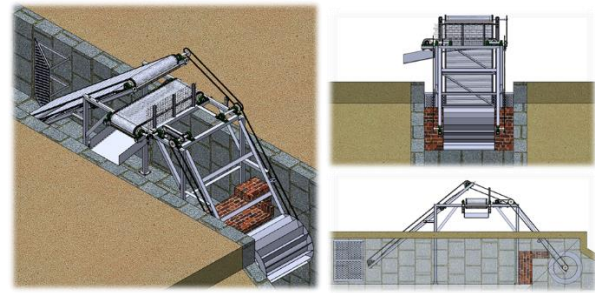
Kriteria Penilaian	Bo bo t	Alternatif Fungsi Kombinasi						Nilai Optim al
		I		II		III		
Pencapaian Fungsi	4	4	16	5	20	3	12	20
Konstruksi	2	5	10	3	6	4	8	10
Pembuatan	2	3	6	5	10	4	8	10
Perawatan	1	2	2	4	4	4	4	5
Perakitan	1	4	4	3	3	3	3	5
Nilai	10		38		43		35	50
Persentase			76%		86%		70%	100%

Tabel 4. Penilaian ekonomis

Kriteria Penilaian	Bo- bot	Alternatif Fungsi Kombinasi						Nilai Opti- mal
		I		II		III		
Harga perkiraan	4	2	8	3	12	4	16	20
Biaya perawatan	3	3	9	4	12	2	6	15
Kemudahan dalam perawatan	2	4	8	3	6	4	8	10
Penggunaan komponen standar	1	3	3	5	5	3	3	5
Nilai	10		28		35		33	50
Persentase		56%		70%		66%		100%

Tahap Merancang

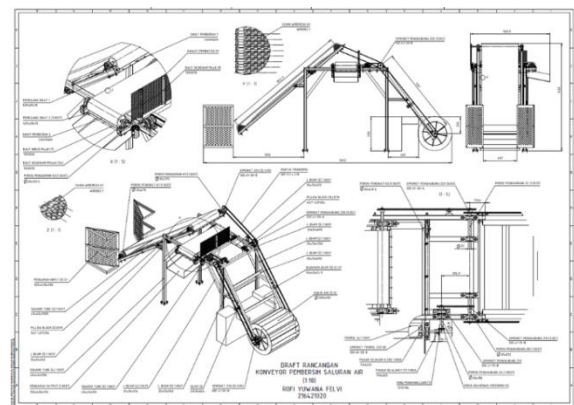
Berdasarkan penilaian dari aspek teknis dan aspek ekonomis, alternatif yang dipilih adalah alternatif fungsi kombinasi dua (AFK-2). Lebih detailnya, alternatif variasi konsep ini menggunakan penyangga berupa besi profil, pengarah input menggunakan perforated plate, pemindah berupa wiremesh konveyor, penggerak berupa kincir air bertipe overshoot, pengarah output berupa shooter, dan pembersih berupa strip brush.



Gambar 12. Alternatif variasi konsep terpilih

Tahap Penyelesaian

Berikut ini dokumen hasil racangan sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air dengan menggunakan tenaga air yang telah dirancang.



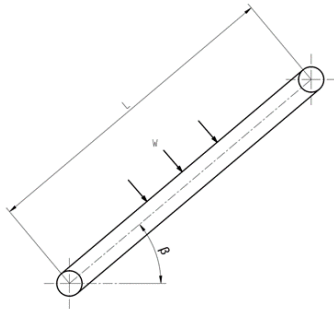
Gambar 13. Draft rancangan sistem konveyor pembersih saluran air

IV. KONTROL DAN VALIDASI RANCANGAN

Kajian konstruksi mengenai keberhasilan fungsi dan performa komponen atau sistem rancangan perlu dilakukan melalui validasi rancangan merujuk pada geometri komponen yang digunakan agar dapat mencapai tujuan. Kontrol dan validasi dilakukan pada (1) sistem penggerak, (2) kontrol rantai, (3) kontrol poros, dan (4) umur bantalan.

Sistem Penggerak

Kebutuhan daya untuk dapat menggerakkan sistem konveyor dihitung berdasarkan kondisi layout konveyor dan berbagai beban yang bekerja pada sistem konveyor. Kondisi layout konveyor dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Kondisi layout konveyor dan beban yang mempengaruhi sistem penggerak

Beban yang mempengaruhi dalam menentukan penggerak adalah beban akibat massa yang dipindahkan (qL), beban akibat roller (qR), beban akibat massa band (qG), gaya hambatan akibat kemiringan konstruksi (Fst). Dengan kondisi beban sebesar 7,4 kg per meter dan rancangan konstruksi konveyor pembersih saluran air telah didesain, maka selanjutnya bisa dihitung kebutuhan daya penggerak melalui persamaan 1 – 4 seperti pada.

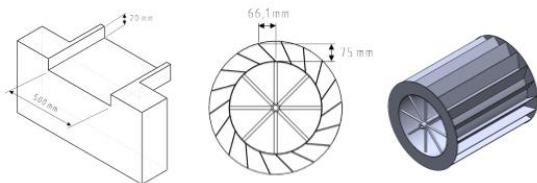
$$FH + FN = L \cdot C \cdot f \cdot [qR + (2 \cdot qG \cdot qL) \cos \delta] \dots(1)$$

$$Fst_1 = qL \cdot H \dots(2)$$

$$F = FH + FN + Fst + fs \dots(3)$$

$$P = F \cdot v \dots(4)$$

Berdasarkan kondisi diatas, maka daya penggerak yang dibutuhkan untuk menggerak sistem konveyor sebesar 40,432 W, kemudian dihitung daya yang dihasilkan oleh kincir air karena pada sistem konveyor pembersih saluran air ini kincir air berfungsi sebagai penggerak. Besar daya kincir air dipengaruhi oleh debit air (Q), luas penampang *penstock* (A), kecepatan air pada *penstock* (v), putaran kincir (n), gaya tangensial (F), jari jari kincir (r_x), Daya pada kincir (P_{kincir}). Dengan data debit air sebesar 45 liter per detik, maka selanjutnya dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh kincir air melalui persamaan 5 – 10.



Gambar 15. Rancangan penstock dan kincir air

$$A = H_p \cdot L_p \dots(5)$$

$$v = \frac{Q}{A} \dots(6)$$

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{luar}} \dots(7)$$

$$F = \rho \cdot A_s \cdot v^2 \dots(8)$$

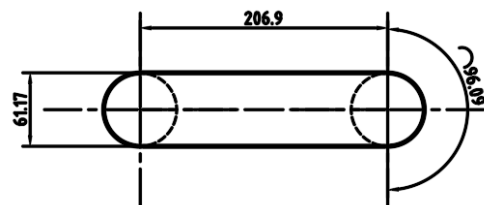
$$r_x = \frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \dots(9)$$

$$P_{kincir} = T \cdot n \dots(10)$$

Berdasarkan persamaan di atas dihasilkan daya penggerak berupa kincir air sebesar 66,784 W artinya daya yang dihasilkan oleh kincir memenuhi daya yang dibutuhkan oleh konveyor.

Kontrol Rantai

Rantai berfungsi untuk meneruskan putaran dari poros penggerak menuju ke poros pengikut, oleh sebab itu pentingnya memperhitungkan kekuatan rantai agar sistem yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan semestinya.



Gambar 16. Kontruksi rantai

Karena pada daftar tuntutan konstruksi pada bagian sistem transmisi harus menggunakan rantai sepeda, maka digunakanlah katalog DID untuk mengambil data data rantai. Adapun spesifikasi rantai sepeda menurut katalog DID adalah:

- Nomor Rantai : DID 1/2 X 1/8
- *Tensile Strength* : 9,04 kN
- Torsi yang terjadi : 10,634 Nm
- Diameter sproket : 61,17 mm

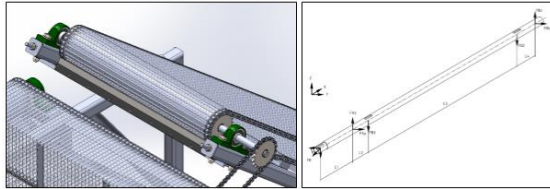
Kondisi tegangan-tegangan yang terjadi pada rantai dapat dicari dengan menggunakan persamaan 11.

$$F_t = \frac{T_1}{\frac{d_1}{2}} \dots(11)$$

Tegangan tangensial yang terjadi pada konstruksi rantai adalah 347,69 N. Selanjutnya tegangan tangensial yang terjadi harus lebih kecil dari kemampuan rantai, yaitu 9,02 kN. Untuk *safety faktor* yang dibutuhkan oleh rantai adalah > 6. berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, maka *safety factor* yang terjadi melebihi safety factor yang dibutuhkan yaitu 25,9 sehingga dengan demikian konstruksi yang digunakan aman terhadap beban yang terjadi.

Kontrol Poros Penggerak

Untuk memastikan desain komponen poros dapat berfungsi dengan baik, maka perlu dilakukan kontrol terhadap kemampuan menahan beban puntir, bengkok, dan geser. Beberapa kondisi kritis yang harus diperhatikan adalah poros pejal, dan pasak sejajar pada poros.



Gambar 17. Kontruksi poros dan DBB poros

Poros Pejal

Spesifikasi desain poros pejal dan kondisi pembebanan yang terjadi dengan mengacu pada desain kontruksi adalah sebagai berikut:

- Material Poros : ST 60 (E335)
- *Yield Strength* : 335 MPa
- Diameter Poros : 20 mm
- Torsi yang terjadi : 10,634 Nm
- Momen Bengkok Maksimal : 55.582,393 Nmm
- Momen Tahanan Puntir : 1.570,792 mm³
- Momen Tahanan Bengkok : 785,398 mm³

Kondisi tegangan-tegangan yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan persamaan 12 – 15.

$$\sigma_x = \frac{M_{be}}{W_b} \dots\dots\dots(12)$$

$$\tau_{xy} = \frac{M_{pe}}{W_p} \dots\dots\dots(13)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$\sigma_{12} = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 \cdot \sigma_2) + \sigma_2^2} \dots\dots\dots(15)$$

Tegangan puntir yang terjadi pada titik dimana momen bengkok maksimum adalah 43,232 MPa, tegangan bengkok 87,479 MPa. Selanjutnya tegangan gabungan yang terjadi dikontrol dan dipastikan bahwa tegangan tersebut masih berada pada batas yang masih diizinkan, yaitu 115,15 MPa. Untuk pembebanan dinamis berganti *safety factor* yang dibutuhkan adalah >1,5. berdasarkan hasil kontrol perhitungan yang dilakukan, maka *safety factor* yang terjadi melebihi *safety factor* yang dibutuhkan yaitu 2,9 sehingga dengan demikian

kontruksi yang digunakan aman terhadap beban yang terjadi.

Pasak Sejajar

Pasak ini berfungsi untuk menghubungkan poros dengan sproket agar dapat berputar.

- Material Pasak : ST 50 (E295)
- *Yield Strength* : 295 MPa
- Panjang : 20 mm
- Lebar : 6 mm
- Tinggi : 6 mm
- Torsi yang terjadi : 10,634 Nm
- Faktor Kerja : 1,4

Tekanan permukaan (P_m) dan tekanan permukaan izin (P_{mizin}), dihitung pada pasak sejajar tidak boleh melebihi tegangan yang diizinkan. Kondisi ini dapat diketahui dengan persamaan 16 – 17 berikut.

$$P_m = \frac{F_t K_A}{h' \cdot l' \cdot n \cdot \phi} \dots\dots\dots(16)$$

$$P_{mizin} = \frac{\sigma_d}{S_f} \dots\dots\dots(17)$$

Tekanan permukaan izin untuk pasak pada kontruksi ini adalah 196,667 MPa. Kontrol tekanan permukaan pada pasak (P_m) yang terjadi 36,885 MPa, sehingga masih dibawah nilai tekanan permukaan izinya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pena silinder yang digunakan aman terhadap beban-beban yang terjadi.

Perhitungan Umur Bantalan

Terdapat dua jenis *bearing* atau bantalan yang digunakan pada kontruksi mesin yaitu floating dan fix atau tetap. Pada bantalan, beban yang terjadi pada bantalan terbagi menjadi 2 yaitu beban radial sebesar 1.505,226 N, dan beban aksial sebesar 1.031,543 N. *lifetime exponent* p adalah 3 seperti pada [6]. Maka umur bantalan dapat dihitung menggunakan persamaan 18 – 19 berikut.

$$P_r = (F_{rA} \cdot X) + (F_{rB} \cdot Y) \dots\dots\dots(18)$$

$$L_{hA} = \left(\frac{C_r}{P_r}\right)^p + \frac{10^6}{n_{GB}} \dots\dots\dots(19)$$

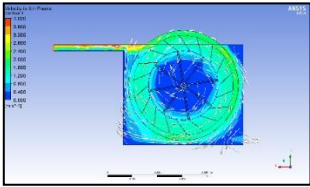
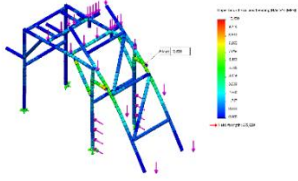
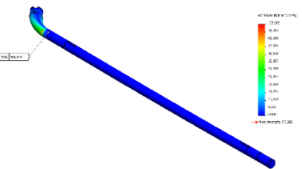
Berdasarkan persamaan diatas, maka diprediksi umur bearing sekitar 7.189 hari atau kurang lebih 19 tahunjika digunakan selama 24 jam sehari, artinya umur bearing cukup lama sehingga bearing yang dipilih dapat digunakan.

Kontrol dan Validasi Menggunakan Perangkat Lunak

Setelah dilakukan kontrol perhitungan secara teoritis, maka selanjutnya dilakukan kontrol dan validasi dengan menggunakan perangkat lunak rekayasa. Simulasi FEA dilakukan dengan

menggunakan *software* ANSYS R19 dan SolidWorks *Simulation* pada komponen yaitu (1) Kincir Air, (2) Poros, (3) Rangka

Tabel 5. Hasil simulasi menggunakan FEA

▪ Simulasi Daya Kincir Air		
	CAE Ansys Workbench	64,159 W
	Teoritis	66,784 W
▪ Simulasi Tegangan pada Rangka		
	CAE SolidWorks	10,611 MPa
	Teoritis	10,892 Mpa
▪ Simulasi Tegangan Pada Poros		
	CAE SolidWorks	113,590 MPa
	Teoritis	115,150 MPa

V. KESIMPULAN

Dalam perancangan sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air dengan menggunakan tenaga air ini maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan rancangan sistem konveyor pembersih sampah pada saluran air dengan menggunakan tenaga air dengan studi kasus berdasarkan saluran air yang ada di Polman dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Dimensi terluar konveyor adalah 3652x1170x1580mm
 - Daya yang diperlukan untuk menggerakkan sistem konveyor ini adalah 40,432 W dan daya yang dihasilkan oleh kincir air sebesar 66,784 W.
2. Penyimpangan yang terjadi antara perhitungan dan kontrol secara teoritis dibandingkan dengan simulasi software CAE sebesar < 5%.
3. Telah diperoleh dokumentasi rancangan berupa gambar draft, gambar susunan dan gambar bagian koveyor pembersih sampah

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (2003) *Kincir Air untuk Irigasi*, Journal of Linguistics.
- Budi, A. S. (2013) *Kincir Air Pengangkat Sampah Permukaan Dan Melayang Memanfaatkan Tenaga Air Dengan Satu Kincir Penggerak*. Jurnal UNS: matriks Teknik Sipil Vol.1 no.1,
- Damanhuri, Enri dan Padmi, T. (2010) *Pengelolaan Sampah Edisi Semester I – 2010/2011*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Morong, J. (2016) *Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan*, Manado: Politeknik Manado, pp. 1–35.
- Raharjo, S. and Geovani, R. (2015) *Studi Timbulan, Komposisi, Karakteristik, dan Potensi Daur Ulang Sampah Non Domestik Kabupaten Tanah Datar*. Padang : Universitas Andalas.
- SNI 03-2526-1991(1991) Metode pemilihan lokasi pos duga air di sungai. Litbang.Pekerjaan Umum.
- UU No. 18 , (2008) *Pengelolaan Sampah*.
- Wibowo, A. and Djajawinata, D.T. (2007) *Penanganan Sampah Terpadu*.