

RANCANG BANGUN SISTEM TRASH RAKE SEMI OTOMATIS PADA SALURAN INTAKE UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Musrady Mulyadi¹⁾

Abstrak: Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah rancang bangun *trash rake* sistem semi otomatis dengan memanfaatkan sumber daya listrik generator PLTMH. *Trash rake* adalah konstruksi yang dibuat untuk memindahkan bendabenda asing yang berada pada saringan sampah agar tidak terjadi penumpukan yang dapat mengakibatkan berkurangnya pasokan debit air yang dibutuhkan untuk memutar sudu-sudu turbin. Alat ini dapat dikontrol melalui *panel box* yang berada pada *power house*. Tahapan persiapan meliputi studi pustaka dan observasi pada PLTMH, selanjutnya perancangan sistem meliputi perancangan rangka, *rake* dan sistem penggerak yang menggunakan motor listrik. Perancangan Rangka Utama Beserta Lintasan *Rake* dilakukan untuk rangka utama yang sekaligus berfungsi sebagai lintasan *rake*. Sistem penggerak bertujuan sebagai Penggerak naik turunnya *rake* tersebut. Perancangan sistem kontrol berfungsi sebagai pengatur sistem penggerak dan putaran arah motor. Tahap prosedur pengujian bertujuan untuk menguji *Trash Rake* yang menjadi tiga tahap yaitu Uji Sistem Penggerak untuk mengetahui karakteristik sistem Penggerak, uji coba *trash rake* tanpa beban dan uji coba *trash rake* dengan pemberian beban. Hasil pengujian sistem *Trash Rake* diperoleh mampu mengangkat beban 10 kg dengan putaran 110 rpm waktu yg dibutuhkan 10 detik pemakaian daya 180 W dan arus 2.3 A. Sistem penggerak menggunakan tali baja penarik dengan ukuran diameter 0,14 mm dengan hasil sistem penggulangan dapat bekerja dengan baik dengan dua arah putaran.

Kata Kunci: mikrohiro, *trash rake*, saluran intake.

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Keunggulan PLTMH terletak pada biaya pembangkitan energi listrik yang kompetitif dan teknologi yang sederhana sehingga dapat dikelola dan dioperasikan oleh masyarakat setempat. Teknologi PLTMH merupakan teknologi ramah lingkungan dan terbarukan. PLTMH diharapkan mampu mengatasi keterbatasan distribusi energi listrik utamanya di daerah pedesaan. Tujuan dari struktur *trashrack* mengenai PLTA adalah membatasi masuknya bahan dimensi yang cukup besar ada di air, yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin pembangkit, terutama untuk pra-distributor, distributor, dan spiral casing dan pelari turbin. *Trashracks* terdiri dari array bar vertikal yang

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

umumnya diselenggarakan bersama oleh horisontal balok. *Trashracks*, terutama ketika tidak dibersihkan, menghasilkan yang tidak diinginkan energi kerugian yang secara langsung mengurangi produksi energi. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan debit air berskala kecil. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar pula energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik

Dalam menjaga kontinuitas pendistribusian energi listrik tentunya memiliki hambatan-hambatan baik secara langsung. Aliran air yang akan masuk ke pipa pesat (*Penstock*) sering terhalang oleh benda-benda asing yang tidak diharapkan. Adanya hambatan tersebut mengakibatkan debit air yang masuk ke *Penstock* akan berkurang dalam jangka waktu tertentu. Hal ini menjadikan operator PLTMH sulit untuk mengatur putaran turbin pada debit yang semakin lama semakin berkurang.

Dibutuhkan sebuah sistem pengeruk pada saringan dalam memindahkan benda-benda asing yang mana dapat dikontrol oleh operator melalui *panel box* yang berada pada *power house*. Dalam pemasangan alat ini dapat mengurangi daya yang terbuang percuma pada *ballast load* yang dikonversikan menjadi energi panas. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah rancang bangun *trash rake* sistem semi otomatis dengan memanfaatkan sumber daya listrik generator PLTMH. *Trash rake* adalah konstruksi yang dibuat untuk memindahkan benda-benda asing yang berada pada saringan sampah agar tidak terjadi penumpukan yang dapat mengakibatkan berkurangnya pasokan debit air yang dibutuhkan untuk memutar sudu-sudu turbin. Alat ini dapat dikontrol melalui *panel box* yang berada pada *power house* hanya dengan menekan tombol On maka *trash rake* akan beroperasi. *trash rake* ini merupakan hasil inovasi dari cara pemindahan yang dilakukan operator dengan menggunakan pengeruk sampah selama ini.

Pada dasarnya suatu pembangkit listrik tenaga air berfungsi untuk mengubah potensi tenaga air yang berupa aliran air (sungai) yang mempunyai debit dan tinggi jatuh (*head*) untuk menghasilkan energi listrik. Secara umum dapatlah ditentukan bahwa yang dimaksud sebagai PLTMH adalah jika Pusat Listrik Tenaga Air tersebut mempunyai kapasitas daya di bawah 100 kW. Pembangunan suatu sistem PLTMH mencakup pembangunan sarana bangunan sipil dan peralatan elektro-mekanik. Bangunan sipil meliputi bangunan bendungan dan saluran masuk, bendungan pengalih, bak pengendap, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, saringan, rumah pembangkit, pondasi turbin, dan saluran pembuangan. Sedangkan Komponen peralatan elektro-mekalik meliputi : saluran turbin air, transmisi mekanik, base frame, generator, kontrol dan alat ukur, *ballast load*, dan sistem distribusi. Bendungan untuk instalasi PLTMH dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Pemilihan jenis bendungan yang terbaik untuk suatu tempat tertentu merupakan suatu masalah kelayakan teknis dan biaya. Kelayakan dipengaruhi oleh keadaan topografi, geologis dan cuaca. Perlengkapan lainnya adalah : penjebak/saringan sampah. Pada

umumnya PLTMH, merupakan pembangkit type run of river sehingga bangunan intake dibangun berdekatan dengan bendungan dengan memilih dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir. Prinsip utama dari desain *trashrack* PLTMH terdiri dari aspek kemiringan saringan sampah adalah 60° - 80° terhadap datar, diletakkan pada dinding samping dan pada ambang bagian atas tetapi tetap bisa diangkat untuk perbaikan, saringan dirancang agar kuat menahan tekanan air pada saat saringan tersumbat 100% dan muka air maksimal di hulu serta tidak ada air di hilirnya, jarak antar batang besi minimal setengah dari jarak antar sudu-sudu (*runner blades*) atau *guide vane* turbin, dan sesuai dengan ketentuan pembuat turbin. contohnya Turbin *Crossflow* (T 15) :12 mm. *Trashrake* adalah alat penyaring atau penangkap sampah yang ditempatkan pada saluran drainase perkotaan. Adapun sistem pengoperasiannya, *trash rack* dapat dioperasikan secara manual, otomatis dan semi otomatis. Sedangkan untuk sistem penggerakannya, *trash rack* digerakkan dengan Sistem Penggerak Statis (*static screen*) dan Sistem Penggerak yang dapat berpindah (*moving screen*). Komponen *Trash Rack* terdiri dari bagian-bagian: *Screen* (saringan), *Scraper* (sekop atau garpu penggaruk sampah), *Conveyor* (ban berjalan), *Container*(bak sampah), Truk pengangkut container serta Mesin pengolah sampah (bila diperlukan).

Sistem kontrol merupakan sistem pengendali yang merupakan gabungan dari rangkaian kontrol dan rangkaian daya sebagai alat yang akan dikendalikan. Rangkaian kontrol merupakan rangkaian pengendali, rangkaian ini biasanya sering ditemukan untuk sistem pengendali putaran motor ataupun lainnya. Rangkaian daya merupakan rangkaian yang di kendalikan oleh sistem kontrol dengan menggunakan perangkat komponen elektronika seperti TOR (Thermal Overload Relay) yang berfungsi sebagai pengaman arus lebih merupakan pengamanan motor akibat adanya arus lebih/beban lebih. *TOR* dipasang secara seri dengan kontak utama kontaktor magnet. Pada gambar bimetal dialiri arus utama.

II. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dari tahap persiapan dan observasi, perancangan sistem dan komponen, pembuatan, perakitan, dan penyetelan, pengujian, analisis hasil sampai pembuatan laporan hasil. Kegiatan penelitian dan pengujian alat dilaksanakan di Lab. Teknik Konversi Energi. Tahapan persiapan meliputi studi pustaka dan observasi pada PLTMH, selanjutnya perancangan sistem meliputi perancangan rangka, *rake* dan sistem penggerak yang menggunakan motor listrik.

Perancangan Rangka Utama Beserta Lintasan *Rake* dilakukan untuk rangka utama yang sekaligus berfungsi sebagai lintasan *rake*. Konstruksi rangka menggunakan besi siku profil L berukuran 40 x 40 mm, sedangkan lintasannya menggunakan lembaran besi plat dengan ketebalan 1.5 mm. Sedangkan perancangan *rake* sebagai penggerak, menggunakan konstruksi rangka menggunakan besi siku profil L berukuran 30 x 30 mm, dan plat besi dengan ketebalan 3 mm.

Sistem penggerak bertujuan sebagai Penggerak naik turunnya *rake* tersebut. Perancangan sistem kontrol berfungsi sebagai pengatur sistem penggerak dalam artian ON/OFF dan putaran arah motor. Tahap prosedur pengujian bertujuan untuk menguji *Trash Rake* yang telah dirakit untuk mengetahui kinerja alat yang telah dibuat. Adapun tahap pengujian *Trash Rake* dibagi menjadi tiga tahap antara lain: Uji Sistem Penggerak untuk mengetahui karakteristik sistem Penggerak, uji coba *trash rake* tanpa beban dan uji coba *trash rake* dengan pemberian beban.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain atau konstruksi *trash rake* terbagi menjadi komponen-komponen yang terdiri atas: rangka utama sekaligus lintasan *rake*, *rake*, sistem penggerak, dan sistem kontrol. Komponen-komponen tersebut kemudian dirakit menjadi satu system *trash rake*. Proses pengujian ini dilakukan setelah proses rancang bangun selesai. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja *trash rake* dalam keadaan pembebanan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi. Adapun pengujian Laboratorium terbagi dua tahap yaitu pengujian karakteristik sistem Penggerak dan pengujian sistem *trash rake* kondisi berbeban.

Pengujian karakteristik sistem penggerak diperoleh kecepatan putaran poros motor 2100 rpm, dengan daya yang dipakai pada saat *start* awal mencapai 160 W namun akan menurun hingga 95 W pada saat putaran motor mulai stabil. Begitu juga dengan pemakaian arus pada saat *start* awal pemakaiannya mencapai 2.6 A dan menurun hingga 2.1 A, dengan tegangan pemakaian 210 V. Sedangkan pengujian dengan mentransmisikan putaran poros motor pada poros penggulung didapatkan kecepatan putaran poros penggulung 130 rpm selain itu membutuhkan daya 301 W untuk *start* awal namun pemakaiannya akan menurun 105 W pada saat putaran stabil, adapun arus yang digunakan pada saat *start* awal mencapai 4 A dan akan menurun hingga 2 A pada saat putaran telah stabil.

Pengujian pergerakan *rake* pada lintasan dilakukan dengan metode pengambilan data pada saat *rake* turun diperoleh nilai rata-rata pada putaran poros penggulung 126.75 rpm dengan waktu 11 detik, adapun pemakaian daya mencapai 128.75 W dengan arus 2.23 A dan tegangan 210 V, sedangkan nilai rata-rata yang diperoleh pada saat *rake* bergerak naik pada kecepatan 123 rpm dengan waktu 12.75 detik, sedangkan pemakaian daya mencapai 145 W dengan arus 2.25 A dan tegangan 210 V. Pengujian Percobaan *Rake* dengan penambahan beban, pengujian kali ini dilakukan penambahan beban pada *rake* dimana pada saat penambahan beban 5 kg diperoleh pemakaian daya mencapai 175 W dengan arus 2.26 A dan tegangan 210 V pada putaran 116 rpm dengan waktu angkat 12 detik, sedangkan pada saat penambahan beban 10 kg terjadi penurunan putaran 110 rpm dengan waktu angkat lebih lama yakni 15 detik dan diperoleh pemakaian daya yang naik mencapai 180 W dengan arus 2.3 A dan tegangan 210 V.



Gambar 1. Sistem Trash Rake Semi Otomatis

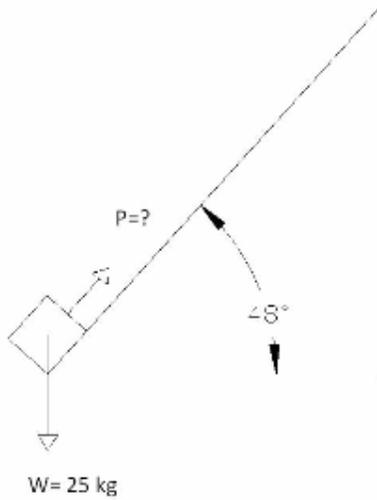
Hasil desain rancang bangun yaitu meliputi rangka utama beserta lintasan *rake* rangka utama merupakan tempat dudukkan beserta lintasan *rake*, pembuatan rangka utama ini disesuaikan dengan ukuran *intake* pada PLTMH Masamba. Bahan yang digunakan adalah besi siku ukuran 40 x 40 mm, penyambungan rangka dikencangkan ini menggunakan baut, sedangkan untuk lintasan *rake* menggunakan lembaran besi dengan ketebalan 1.5 mm yang telah di *bending* hingga berbentuk profil U, pemasangan lintasan pada rangka dengan menggunakan las listrik. *Rake* terbagi atas 2 bagian, pertama yaitu rangka dimana rangka ini terbuat dari besi siku berukuran 30 x 30 mm dengan ukuran 1150 mm: 200 mm :150 mm yang disambung dengan menggunakan las listrik, selanjutnya pembuatan sisir penggerak yang terbuat dari besi plat dengan ukuran panjang 100 mm yang disusun pada besi siku dengan ukuran 30 x 30 mm hingga berbentuk sisir yang dipasang paten dengan menggunakan las listrik, setelah itu penggerak dipasang pada rangka dengan menggunakan baut. Sistem penggerak terdiri atas motor listrik, V-belt dengan panjang 1260 mm tipe A:48, Puli dengan diameter luar \varnothing 24 dan \varnothing 4 , poros \varnothing 19 dengan panjang 900 mm, dan bearing UCP 204-12. Selain poros masing – masing alat ini nantinya akan disimpan pada rangka dan dikacing dengan menggunakan baut. Adapun rangka ini terbuat dari besi siku 40 x 40 mm yang berdiamensi 850 mm x 360 mm x 90 mm, penyambungan rangka dengan menggunakan las listrik.

Rancangan sistem penggerak (*rake*) dengan beban maksimal 25 kg.

Untuk menentukan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda

Sudut kemiringan $\theta = 48^\circ$, Massa beban (m) = 25 kg, Jarak lintasan (s)= 1,9 m

Waktu (t) = 12 dtk, Gravitasi bumi (a) $v = 9,81 \text{ m/s}^2$



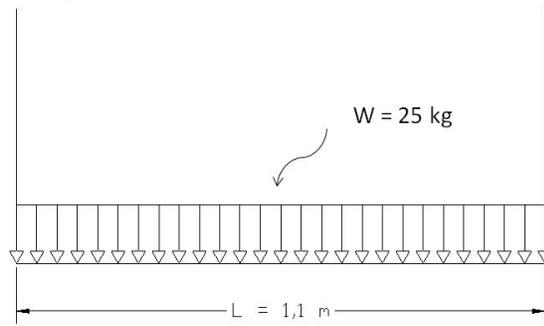
- Gaya $F = m \cdot a \cdot \sin \phi = 25 \times 9,81 \times \sin 48 = 182,2 \text{ N}$
- Daya mekanik, $P = F \cdot v$

$$P = F \cdot \left(\frac{s}{t}\right)$$

$$P = 182,2 \cdot \left(\frac{1,9}{12}\right)$$

$$P = 28,7 \text{ watt}$$

- a. **Beban merata**
 Massa beban (m) = 25 kg
 Panjang beban (L) = 1,1 m



Gaya : $F = m \cdot a$
 $= 25 \times 9,81 = 245 \text{ N}$
 Kerja : $W = \frac{245 \text{ N}}{1,1 \text{ m}} = 223 \text{ N/m}$

Beban tali

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_B = 0$$



$$\sum M_A = 0 \rightarrow F \cdot \frac{1}{2} \cdot L - R_B \cdot L = 0$$

$$R_B \cdot L = F \cdot \frac{1}{2} \cdot L$$

$$R_B = \frac{F \cdot \frac{1}{2} \cdot L}{L}$$

$$R_B = \frac{1}{2} \cdot F$$

$$R_B = \frac{1}{2} \cdot 245 \text{ N}$$

$$R_B = 122,5 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow F \cdot \frac{1}{2} \cdot L - R_A \cdot L = 0$$

$$R_A \cdot L = F \cdot \frac{1}{2} \cdot L$$

$$R_A = \frac{F \cdot \frac{1}{2} \cdot L}{L}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot F$$

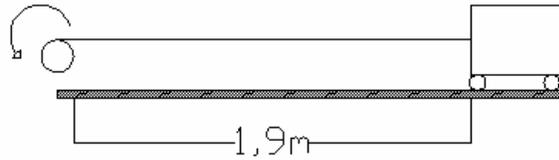
$$R_A = \frac{1}{2} \cdot 245 \text{ N}$$

$$R_A = 122,5 \text{ N}$$

Kecepatan putar poros pengguling untuk menggerakkan benda.

Jari-jari poros pengguling = 0,95 cm, Panjang lintasan = 190 cm

Waktu = 12 dtk.



Keliling lingkaran = $2\pi r = 2 \times 3,14 \times 0,475 = 5,96$ cm, jadi satu putaran menggulung 5,96 cm tali sehingga untuk menggulung tali sepanjang 190 cm adalah :

$$\frac{190}{5,96} = 32 \text{ putaran}$$

Dengan waktu = 12 dtk maka kecepatan putaran :

$$\frac{32}{12} = 2,67 \text{ rps}$$

$$2,67 \text{ rps} = 160 \text{ rpm}$$

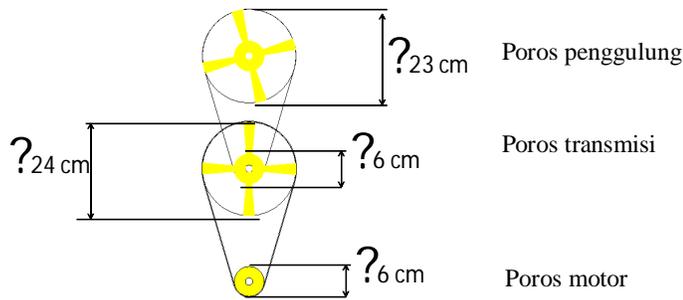
Pemilihan puli

Diameter puli pada poros penggulung (Dp_1) = 24 cm

Diameter puli kecil pada poros transmisi (Dp_2) = 6 cm

Diameter puli besar pada poros transmisi (Dp_3) = 24 cm

Diameter puli motor (Dp_4) = 6 cm



$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Dp_2}{Dp_1}$$

$$\frac{160}{n_2} = \frac{6}{24}$$

$$\frac{160}{n_2} = \frac{1}{4}$$

$$n_2 = 640$$

$$6 n_2 = 160 \times 24$$

$$n_2 = 640 \text{ rpm (putaran pada poros transmisi)}$$

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{Dp_4}{Dp_3}$$

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{6}{24}$$

83 Musrady Mulyadi, Rancang Bangun Sistem Trash Rake Semi Otomatis pada Saluran Intake untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

$$\frac{640}{n_2} = \frac{6}{24}$$

$$6 n_2 = 640 \times 24$$

$$n_2 = 2560 \text{ rpm (putaran poros motor)}$$

$$R = \frac{2560}{160} = 16$$

Perbandingan kecepatan putaran poros penggulung dengan poros motor ialah 1:16
Pemilihan motor listrik yang digunakan berdasarkan hasil perancangan ialah motor dengan spesifikasi sebagai berikut :

Daya output (P_{out}) = ¼ hp = 186 watt

Kecepatan (n) = 2100 rpm

Tegangan (V) = 220 volt

Arus (I) = 2,7 A

Cos ϕ = 0,8

Daya input dan efisiensi motor

$$P_{in} = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$= 220 \times 2,7 \times 0,8$$

$$= 352 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{186}{352} \times 100\%$$

$$= 53 \%$$

Torsi motor

$$P_s = \frac{2 \pi n T}{60}$$

$$T = \frac{P_s \times 60}{2 \times \pi \times n}$$

$$T = \frac{186}{2 \times 3,14 \times 2100}$$

$$T = 0,84 \text{ Nm}$$

Kemampuan poros penggulung untuk menarik beban

Daya poros selanjutnya di transmisikan dengan memanfaatkan perbandingan puli yang terhubung oleh sabuk. Rasio kecepatan antara poros penggulung dan poros motor ialah 1:16 sehingga kecepatan dan torsi motor berubah setelah ditransmisikan ke poros penggulung pada daya yang sama.

$$P_s = \frac{2 \pi n T}{60}$$

$$186 = \frac{2 \pi 131 T}{60}$$

$$T = \frac{186 \times 60}{2 \times \pi \times 131}$$

$$T = \frac{11.160}{822,68}$$

$$T = 13,5 \text{ Nm}$$

$P_{S_{motor}} = P_{S_{poros\ penggulung}}$

$n_{motor} > n_{poros\ penggulung}$

$T_{motor} < T_{poros\ penggulung}$

Pada torsi = 13,5 Nm dapat mengangkat beban sebagai berikut :

$$T = F \cdot r_{lingkaran}$$

$$T = (m \cdot a) \cdot r$$

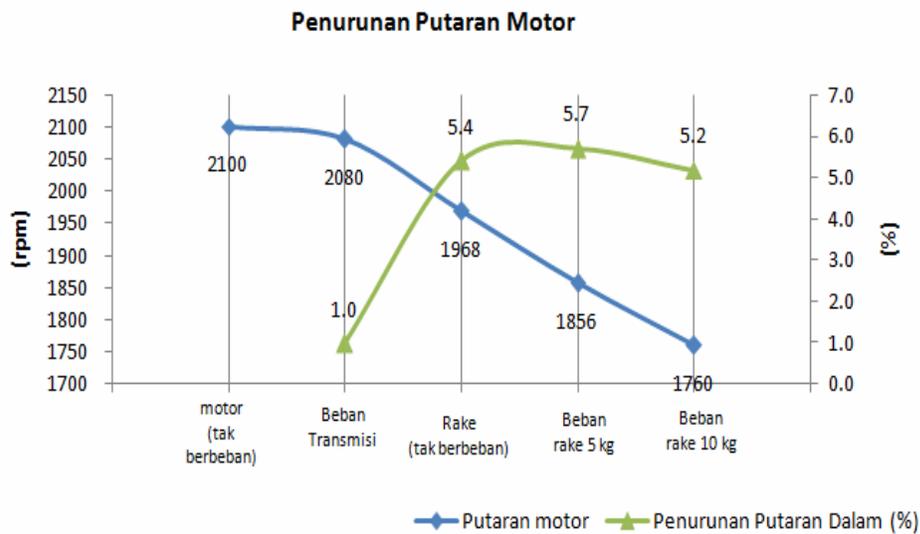
$$m = \frac{T}{a \cdot r}$$

$$m = \frac{13,5}{9,81 \times 0,02}$$

$$m = \frac{13,5}{0,195}$$

$$m = 68 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang mampu di gerakan oleh poros penggulung adalah 68 kg (sebelum dikurangi rugi-rugi transmisi dan gesekan).

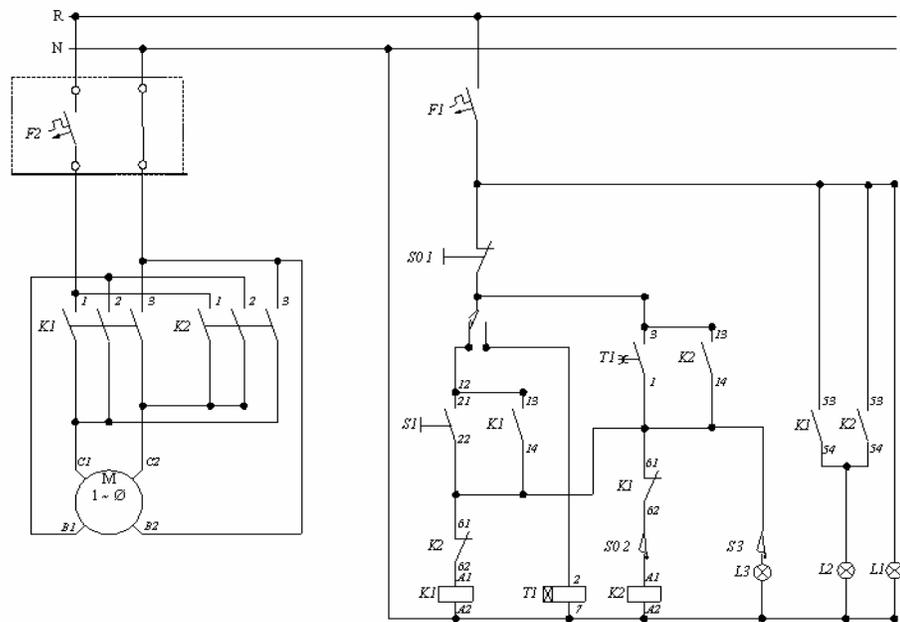


Gambar 2. Grafik hubungan antara pembebanan terhadap putaran motor

Berdasarkan gambar 2. Terlihat bahwa dalam setiap pembebanan motor, putaran semakin berkurang. Hal tersebut akibat gesekan yang terjadi di komponen-komponen penghubung pada transmisi maupun perubahan berat beban pada bagian pengeruk (*rake*).

Sistem kontrol merupakan rangkaian listrik yang berfungsi sebagai alat pengendali motor dengan sistem kerja semi otomatis, dengan artian operator hanya menekan tombol *start* (*rake* bergerak turun) setelah itu alat kontrol akan mengambil alih pengoperasian motor dimana pada saat *rake* berada di bawah, di desain roda *rake* akan menginjak *switch* yang secara otomatis motor akan berhenti sejenak selama waktu yang di atur pada *timer* setelah itu motor akan kembali berfungsi namun pada arah putaran sebaliknya (*rake* bergerak naik) dan motor akan berhenti setelah *rake* menabrak *switch stop*. Pengaturan 2 arah putaran pada motor dilakukan dengan cara menukar fasa pada kapasitor motor dengan menggunakan 2 kontaktor. Sistem kontrol berada pada Kotak panel dengan ukuran dimensi panel yang digunakan adalah 250 mm x 120 mm x 250 mm.

Adapun tata cara pengoperasian pada Sistem *Trash Rake* antara lain sebagai berikut, pastikan terminal sistem terhubung ke Sumber (Pembangkit), menaikkan saklar pada MCB rangkaian kontrol dan rangkaian daya, setelah memastikan sistem kontrol dialiri arus dengan melihat lampu indikator merah menyala, maka *trash rake* siap di operasikan, menekan tombol *start*. *Rake* akan turun ke lintasan bawah dan akan kembali keatas secara otomatis, disinilah proses pengangkatan sampah terjadi. Sistem akan berhenti Pada saat *rake* menabrak *switch stop* yang telah dipasang pada rangka atas, menekan tombol *stop* pada panel apabila terjadi kendala pada *rake*.



Gambar 3. Rangkaian kontrol sistem motor 1 fasa dengan pemalik dua arah putaran

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sistem penggerak menggunakan tali baja penarik dengan ukuran diameter 0,14 mm dengan hasil sistem penggulangan dapat bekerja dengan baik dengan dua arah putaran. Dalam pengoperasian alat dibutuhkan daya sebesar 180 W pada saat beban sampah 10 kg sedangkan dengan beban sampah 5 kg sistem membutuhkan daya 175 W.

B. Saran

Untuk rancangan sistem *trash rake* selanjutnya, sebaiknya pengoperasian atau pengambilan sampah dilakukan secara kontinyu dan diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan sensor berat sampah (benda asing) yang tersangkut di rake, sehingga motor penggerak dapat bekerja secara full automatic.

V. DAFTAR PUSTAKA

Aleš Hribernik, Matej Fike, *Economical Optimiztion of a trashrack for a hydropower plant*. Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology Vol. 17, No. 1, 2013, ISSN 2303-4009 (online), p.p. 161-164 University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering Smetanova 17, Maribor, Slovenia

Budiman dkk. 1999. *Elemen Mesin*. Jilid I. Jakarta: PT. Erlangga.

Fredrik Holmeset. Debris Handling at small hydro power intakes Civil and Environmental Engineering, Department of Hydraulic and Environmental Engineering,

Joko prianto dkk. 2010. *Single Phase Motor*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Klaus jorde dkk. 2009. *Good and Bad of Mini Hydro Power*. Jakarta : Asean Centre for Energy (ACE).

MESA ASSOCIATES, INC. Chattanooga, TN 37402 OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY Oak Ridge, Tennessee 37831-6283. *Best Practice Catalog Trash Racks and Intakes*. U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. under contract DE-AC05-00OR22725 12/01/2011

87 *Musrady Mulyadi, Rancang Bangun Sistem Trash Rake Semi Otomatis pada Saluran Intake untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*

OSSBERGER GmbH + Co Otto-Rieder-Straße 7 91781 Weißenburg/Bavaria – Germany. *Trash Rack Cleaner* : www.ossberger.de Diakses tanggal 21 Oktober 2013