

## Pembuatan Runner Turbin Propeler Menggunakan CNC

**Haryadi, Deni Mulyana, M. Toni Dwi Atmaji, Dear Rayi Mahardhika**

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40124  
e-mail : haryadi.mesin@polban.ac.id

### Abstrak

*Kebutuhan tenaga listrik akan semakin meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Potensi PLTMH Head rendah tersebar di berbagai lokasi. Turbin propeler merupakan salah satu pilihan turbin untuk memanfaatkan memanfaatkan potensi tersebut. Pembuatan runner turbin propeler sebelumnya dilakukan secara manual yaitu dengan cara di cor kemudian proses finishing atau pembentukannya dengan menggunakan kikir, sehingga hal tersebut mengakibatkan kekasaran pada permukaan propeler, dan berbagai kekurangan geometris lainnya. Hal ini dapat mengakibatkan kavitasi, yang selanjutnya dapat menyebabkan sudu-sudu turbin menjadi berlubang-lubang kecil, sehingga mengurangi efisiensi turbin yang akhirnya dapat pula merusak sudu propeler turbin. Penelitian ini bertujuan untuk membuat runner turbin propeler tersebut menggunakan mesin CNC, serta melakukan pengujian secara sederhana. Runner tersebut adalah merupakan runner dari turbin yang berkapasitas 500 Watt, dengan putaran nominal 1500 rpm. Pembuatan runner turbin propeler untuk PLTMH dengan menggunakan CNC telah bisa dilakukan. Evaluasi awal menunjukkan bahwa runner yang dibuat menggunakan CNC ini lebih baik dibandingkan dengan runner yang dibuat secara manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa runner yang dibuat menggunakan CNC mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan dengan yang dibuat dengan pengencoran. Pada debit minimum peningkatan daya mencapai 18,8% sedangkan pada debit maksimum peningkatan daya mencapai 16,7%.*

*Kata kunci: runner, propeler, CNC, PLTMH*

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan tenaga listrik akan semakin meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Kondisi ini tentu harus diantisipasi sedini mungkin agar penyediaan tenaga listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai. Dengan keterbatasan sumber energi fosil serta timbulnya berbagai masalah dalam pemanfaatannya, penggunaan energi baru dan terbarukan perlu ditingkatkan. Energi hidro merupakan salah satu energi terbarukan yang layak untuk diperhatikan. Potensi Tenaga Air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikro Hidro (PLTMH) tersebar di Indonesia dengan total perkiraan sampai 75.000 MW, sementara pemanfaatannya masih sekitar 11% dari total potensi. Sampai dengan tahun 2015, kapasitas terpasang terbesar dari pemanfaatan tenaga air sekitar 8,1 GW terdiri termasuk pembangkit tenaga air skala mini dan mikro [1].

Potensi PLTMH Head rendah tersebar di berbagai lokasi. Studi kelayakan PLTMH, berdasarkan survey lokasi pada Desa Gunung Bunder, Pamijahan, Bogor, misalnya menghasilkan kesimpulan adanya potensi PLTMH dengan tinggi jatuh 2,6 meter, yang sesuai untuk turbin propeler.

Daerah irigasi adalah daerah yang potensial untuk memanfaatkan turbin head rendah. Terdapat sekitar 48.000 daerah irigasi di Indonesia, salah satunya adalah daerah sungai Serayu – Opak, yang memiliki potensi PLTMH sebesar 26 MW [3]. Studi pada Jaringan Irigasi di Kedungkandang Malang, menyimpulkan adanya potensi PLTMH mencapai 1 MW pada jaringan irigasi tersebut [4]. Sedangkan studi potensi PLTMH di Saluran Irigasi Banjarcayana, di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah diketahui adanya potensi total sebesar 153 kW, dengan head 4,71 m, 2,88 m, dan 5,35 m [5].

Teknologi pemanfaatan energi hidro head menengah dan tinggi, bisa dikatakan sudah mapan. Akan tetapi teknologi pemanfaatan energi hidro head rendah masih perlu dikembangkan. Turbin propeler merupakan turbin Kaplan kelompok turbin reaksi jenis baling-baling, hanya saja sudut sudu gerakanya tidak bisa diatur untuk menyesuaikan dengan debit aliran. Pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Kelompok turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (*high specific speed*). Turbin Kaplan bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar. Efisiensi yang diperoleh menurut salah satu penelitian dapat mencapai 71% [6].

Pembuatan runner turbin propeler sebelumnya dilakukan secara manual yaitu dengan cara di cor kemudian proses *finishing* atau pembentukannya dengan menggunakan kikir, sehingga hal tersebut mengakibatkan kekasaran pada permukaan propeler, dan berbagai kekekuran geometris lainnya. Hal ini dapat mengakibatkan kavitasi, yang selanjutnya dapat menyebabkan sudu-sudu turbin menjadi berlubang-lubang kecil, sehingga mengurangi efisiensi turbin yang akhirnya dapat pula merusak sudu propeler turbin. Penelitian ini bertujuan untuk membuat runner turbin propeler tersebut menggunakan mesin CNC, serta melakukan pengujian secara sederhana. Pembuatan runner turbin propeler dengan metoda ini diharapkan dapat mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut.

## 2. Metodologi

*Computer Aided Design* (CAD) adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi.

Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini kebanyakan merupakan aplikasi gambar tiga dimensi atau biasa disebut solid modelling. Solid model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis.

*Computer-aided manufacturing* (CAM) adalah suatu program komputer untuk mengontrol peralatan mesin terkait dalam pembuatan benda kerja atau produk. CAM juga bisa merujuk kepada penggunaan komputer untuk membantu dalam semua operasi pabrik, termasuk perencanaan, manajemen, transportasi dan penyimpanan. Tujuan utamanya adalah untuk membuat proses produksi lebih cepat dengan dimensi lebih tepat dan konsistensi material, yang dalam beberapa kasus, hanya menggunakan jumlah bahan baku yang diperlukan (dengan demikian meminimalkan limbah), sekaligus mengurangi konsumsi energi.

Secara sederhana, CAM telah dianggap sebagai kontrol numerik (NC) alat pemrograman, dimana dua-dimensi (2-D) atau-dimensi (3-D) model tiga komponen yang dihasilkan dalam CAD perangkat lunak yang digunakan untuk menghasilkan *G-code* untuk *drive* dikontrol secara numerik komputer (CNC) peralatan mesin.

Dimensi runner turbin propeler yang akan dibuat adalah sbb.:

- Diameter luar = 125 mm
- Diameter hub = 48,5 mm
- *Air foil* = NACA 1206
- Sudut masuk bagian luar = 21,4°
- Sudut masuk bagian tengah = 24,7°
- Kecepatan putar = 1500 rpm.

Pembuatan gambar model Propeller Turbin Kaplan dilakukan menggunakan piranti lunak CATIA V5R17 yang kompatibel dengan beberapa piranti lunak lainnya. Langkah-langkah pembuatan gambar menggunakan piranti lunak SNACK dan CATIA V5R17 diantaranya sebagai berikut:

1. Memilih desain *airfoil* yang sesuai dengan dimensi propeler turbin, yaitu NACA 1206 menggunakan perangkat lunak *Snack*. Pada *airfoil* NACA seri empat digit, digit pertama menyatakan persen *maximum chamber* terhadap *chord*. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi *maximum chamber* pada *chord* dari *leading edge*. Sedangkan dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan *airfoil* terhadap *chord*.
2. *Airfoil* yang telah di pilih lalu pilih, disimpan dalam format **XY File**.
3. Buka desain *airfoil* yang telah dipilih, maka akan muncul angka-angka koordinat pada program **notepad**.
4. Salin semua koordinat di atas pada **Microsoft Excel**.
5. Tekan **create spline** untuk memunculkan desain *airfoil* pada program *Catia*. Ketika menekan **create spline** maka akan muncul user info kemudian kita pilih no. 2 tekan OK. Desain profil *airfoil* akan muncul di piranti lunak *CATIA*
6. Pilih menu **Generative Shape Design** saat proses menggambar *runner* propeler.
7. Membuat dan memposisikan spline agar dapat membuat *surface airfoil* blade runner.
8. Membuat surface dengan menggunakan multi-sections surface.
9. Merubah surface menjadi bentuk solid. Ubah menu **Generative Shape Design** menjadi **Part Design**.
10. Pilih **surface** yang akan diubah menjadi bentuk *solid*, lalu klik **close surface**.
11. Membuat poros turbin propeler.
12. Memperbanyak blade menjadi 5 bagian menggunakan **Circular Pattern**.
13. Membuat bagian tirus pada turbin Propeler
14. Memotong *blade*, sesuai dengan diameter luar *runner*.
15. Setelah model tiga dimensi pada perangkat lunak *CATIA* selesai dibuat, dilanjutkan dengan membuat *working plan*.

Dalam pembuatan *toolpath* dan *G-code* propeler turbin propeler, penulis menggunakan piranti lunak CAD/CAM. Penggunaan piranti lunak CAD/CAM karena untuk memudahkan penulis saat pembuatan *G-code* dan dapat langsung mentransfer kode *G-code* ke mesin CNC HURCO VM2. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan *G-code* dengan menggunakan piranti lunak CAD/CAM di antaranya sebagai berikut:

1. Membuat desain *solid*. Pada tahap ini bentuk benda kerja yang diinginkan harus terbentuk. Lalu buka gambar *solid* yang sudah terbentuk di piranti lunak CAD/CAM.
2. Tentukan titik nol pada benda kerja.
3. Mendefinisikan mesin yang akan di pakai yaitu CNC HURCO VM2.
4. Memilih *toolpath* yang akan digunakan untuk proses *roughing* dan *finishing*.
5. Pilih surface atau permukaan yang akan diproses.
6. Menentukan parameter-parameter pada *Surface High Speed Toolpath roughing*.
7. Menentukan tipe dan ukuran *tool* yang akan dipakai. *Tool* atau *cutter* yang digunakan, disesuaikan dengan bentuk kontur dari benda kerja yang dibuat.
8. Menentukan parameter *cutting*, lalu tekan **OK**.
9. Melakukan simulasi terhadap *toolpath* yang telah dibuat
10. Apabila simulasi sudah benar, maka langkah selanjutnya adalah menyalin simulasi ke dalam bentuk *G-code*.
11. Salinan simulasi dalam bentuk *G-code*.
12. Mengirim program ke mesin menggunakan program CIMCO Edit.

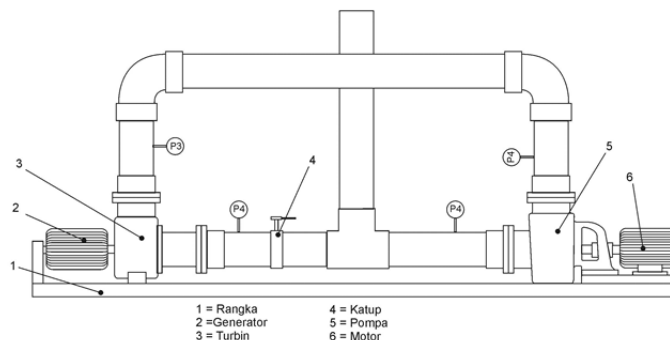
Proses pembuatan *runner* propeler pada mesin CNC dilakukan dengan dua kali proses pengecaman. Pertama pengecaman bagian bawah *runner* untuk mengerjakan permukaan bagian atas propeler dan kedua adalah pengecaman bagian atas *runner* untuk mengerjakan permukaan bagian bawah. Sebelum proses eksekusi di mesin CNC, bahan terlebih dahulu dibentuk menggunakan mesin bubut manual agar memudahkan pada saat proses pengecaman dan proses eksekusi di mesin CNC



Gambar 1 *Runner* hasil pembuatan dengan pengecoran dan menggunakan CNC

Proses pembuatan *runner* propeler pada mesin CNC dilakukan dengan dua kali proses pengecaman. Pertama pengecaman bagian bawah *runner* untuk mengerjakan permukaan bagian atas propeler dan kedua adalah pengecaman bagian atas *runner* untuk mengerjakan permukaan bagian bawah. Sebelum proses eksekusi di mesin CNC, bahan terlebih dahulu dibentuk menggunakan mesin bubut manual agar memudahkan pada saat proses pengecaman dan proses eksekusi di mesin CNC

Gambar 2 menunjukkan instalasi pengujian, yang terdiri dari tubin yang diuji, dilengkapi dengan pompa berkapasitas nominal 40 liter/s, katup pengatur, dan generator dengan beban resistif. Generator tersebut merupakan hasil modifikasi dari motor induksi.



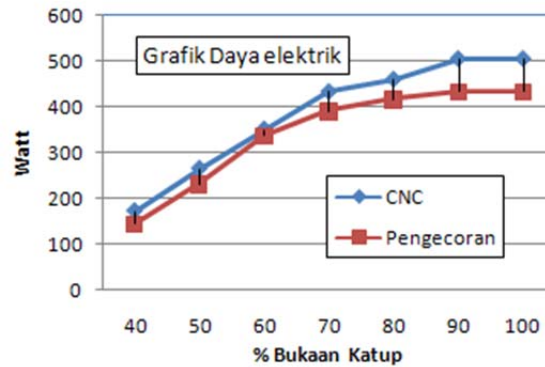
Gambar 2 Instalasi pengujian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pemeriksaan visual menunjukkan bahwa *runner* yang dibuat menggunakan CNC bebas dari cacat fisik, sedangkan *runner* hasil pengerjaan konvensional menunjukkan adanya cacat pada beberapa tempat. Pengukuran sudut *twist* dengan dial indikator juga menunjukkan bahwa *runner* yang dibuat secara konvensional menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara bilah satu dengan lainnya.

Dari data hasil pengujian dapat dihitung daya elektrik *runner* turbin propeler hasil CNC dan *runner* turbin propeler hasil pengecoran. Selanjutnya, dari data pengujian dilakukan perhitungan daya elektrik yang dihasilkan oleh generator, yang selanjutnya disajikan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa propeler hasil pembuatan dengan CNC memiliki daya elektrik maksimum sebesar 504 Watt dan daya elektrik minimum sebesar 171 Watt. Sedangkan propeler hasil pembuatan dengan pengecoran memiliki daya elektrik maksimum sebesar 432 Watt dan daya elektrik minimum 144 Watt. Pada debit minimum peningkatan daya mencapai 18,8% sedangkan pada debit maksimum peningkatan daya mencapai 16,7%.

Dari perbandingan data di atas daya elektrik propeler hasil proses CNC lebih besar dibandingkan propeler hasil pengecoran. Daya elektrik yang dihasilkan oleh propeler hasil CNC lebih besar dikarenakan ukuran dimensi setiap *blade* sama sedangkan propeler hasil pengecoran ukuran dimensi setiap *blade* berbeda.



Gambar 2 Daya elektrik terhadap bukaan katup

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa runner yang dibuat menggunakan CNC mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan dengan yang dibuat dengan pengecoran. Pada debit minimum peningkatan daya mencapai 18,8% sedangkan pada debit maksimum peningkatan daya mencapai 16,7%.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. 2016. *Indonesia Energy Outlook 2016*.
- [2] Yani Prabowo, Swasti B., Nazori, Grace Gata. 2018. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PMLTH) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor. *Jurnal Ilmiah Fifo*. Volume X, No.1, Mei 2018. P. 41 – 52.
- [3] Bono Pranoto, Sinta Nur Aini, Hari Soekarno, Afida Zukhrufiyati, Harun Al Rasyid, Santi Lestari. 2017. Potensi Energi Mikrohidro Di Daerah Irigasi (Studi Kasus Di Wilayah Sungai Serayu Opak). *Jurnal Irigasi*. Vol. 12. No. 2. Oktober 2017. P. 77-86.
- [4] Suwignyo. 2011. Mengembangkan Potensi Energi Terbarukan Di Jaringan Irigasi Dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Media Teknik Sipil*. Vol. 9. No. 1. Februari 2011. P. 87 – 95.
- [5] Mohammad Anggara Setiarso, Wahyu Widiyanto, Sanidhya Nika Purnomo. 2017. Potensi Tenaga Listrik Dan Penggunaan Turbin Ulir Untuk Pembangkit Skala Kecil Di Saluran Irigasi Banjarcayana. *Dinamika Rekayasa*. Vol. 13 No. 1. P. 19 – 28.
- [6] Sunomo. 2004. Karakteristik Turbin Propeler Slala Mikrohidro untuk Mesin Percobaan. *Forum Penelitian*. Vol. 16. No. 1. Juni, 2004. P. 51 – 67.