

Rancangan Teknologi Tepat Guna untuk Pembuatan Cakram Pemutar Turbin Aliran Silang Skala Bengkel

Agus Sutanto^{1*)}, Nota Effiandi²⁾, Alfian²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

Email: sutanto@ft.unand.ac.id ^{*)}

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang cocok digunakan pada daerah pedesaan terpencil dan terisolir yang terletak pada daerah pegunungan yang memiliki potensi air yang besar akan tetapi jaringan listrik PLN tidak ada. Di Sumatera Barat sendiri, PLTMH memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan. Potensi ini menimbulkan konsekuensi penguasaan teknologi fabrikasi peralatan PLTMH, terutama turbin aliran silang oleh bengkel-bengkel yang ada di sekitarnya. Berdasarkan survei yang sudah dilakukan umumnya bengkel-bengkel ini masih melakukan pengerjaan secara manual dengan peralatan produksi yang sederhana dan volume produksi yang sangat rendah. Karena proyeksi ke depan berkaitan dengan potensi yang cukup besar ini, maka perlu solusi teknologi tepat guna yang cocok yaitu dengan memakai perkakas pegang dan pengarah untuk membantu proses pembuatan cakram pemutar yang merupakan salah satu rakitan penting turbin aliran silang. Dengan perkakas bantu yang dirancang ini beberapa kekurangan pada proses pembuatan secara manual seperti keterulangan bentuk profil dan ketelitian pengerjaan dapat diatasi. Juga, pengerjaan penandaan pelat dan pengerjaan tambahan dan perbaikan untuk setiap langkah proses dapat dikurangi atau bahkan dieliminir. Hal ini berakibat kepada penurunan waktu non-produktif yang cukup signifikan. Juga beberapa langkah proses manual yang kurang ergonomis, dengan perkakas bantu yang dirancang akan menjadi lebih ergonomis bagi operator.

Kata kunci: PLTMH, turbin aliran silang, cakram pemutar, perkakas bantu

Abstract

Micro hydro power plant is a small-scale power plant which is suitable used in remote and isolated rural areas located in mountainous regions that have great potential for water but no electricity. In West Sumatra alone, this power plant has considerable potential to be built. This potential power brings consequently the fabrication technology mastery especially by the cross-flow turbine workshops surrounding. Based on the surveys that have been conducted generally show that the fabrication workshops surrounding produce a low production volume of the turbine components manually using a low technology level. Because of the future projection relating with this considerable potential, then it takes an appropriate fabrication technology solution in form of a jig and fixture for fabricating disc runner, one of the important assemblies in cross-flow turbine. By using this jig and fixture, some deficits in existing fabrication such as profile repeatability and low accuracy can be overcome. In addition, plate marking operations and additional and rework activities for each step of the processes can be reduced or even eliminated. Hence, it can lower a non-productive time significantly. Also some less ergonomic fabrication processes by using this designed tool become more ergonomic for the operator.

Keywords: micro hydro power plant, cross flow turbine, disc runner, jigs and fixture

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro atau disingkat dengan PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanik yang akan memutar generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil [3,4,8]. Umumnya keberadaan PLTMH di masyarakat tidak menyuplai listrik ke jaringan PLN. Dia lebih banyak digunakan pada daerah pedesaan terpencil dan terisolir yang terletak pada daerah pegunungan yang memiliki potensi air yang besar akan tetapi jaringan listrik PLN tidak ada. Aksesibilitas listrik yang rendah di pedesaan ini diakibatkan karena kemampuan pemerintah yang terhalang oleh pembiayaan yang tinggi (tidak ekonomis) terhadap perluasan jaringan listrik pada daerah-daerah terpencil dan terisolir [6].

Berdasarkan *road map* bidang energi yang dibuat Pemda provinsi Sumatera Barat bersama-sama dengan Kementerian ESDM bahwa Sumatera Barat telah ditetapkan sebagai lumbung energi hijau atau disebut dengan istilah "rangkai energi hijau" [7]. Istilah energi hijau yang merupakan nama lain dari energi baru dan terbarukan ini memiliki potensi lebih kurang sebesar 3000 MW yang berasal dari energi air, panas bumi dan energi surya. Khususnya energi yang berasal dari tenaga mikrohidro, Sumatera Barat memiliki potensi yang cukup besar hingga mencapai 500 MW (Sumber: Litbang PLN Wilayah Sumatera Barat dipublikasikan pada Kompas 12 Februari 2009) [2]. Hal ini diakibatkan oleh kondisi geografis Sumatera Barat yang bergunung-gunung (terletak di pegunungan Bukit Barisan) dan memiliki sungai-sungai kecil yang sangat banyak dan tingkat curah hujan yang relatif tinggi. Potensi ini harus dijawab oleh Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) di Sumatera Barat khususnya kota Padang yang bergerak di bidang bengkel untuk memproduksi produk/ komponen PLTMH seperti turbin aliran silang dengan berkualitas yang baik dan kompetitif.

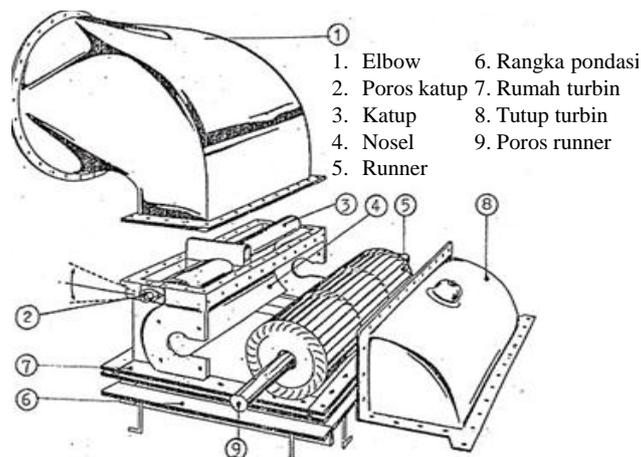
Berdasarkan survei yang sudah dilakukan penulis tercatat ada 3 bengkel yang sudah memiliki pengalaman dan teknologi dalam hal fabrikasi turbin mikrohidro yaitu bengkel Pro Water, bengkel BRTTG dan CV. BASRA yang semuanya berlokasi di sekitar kota Padang. Umumnya bengkel-bengkel ini masih melakukan pengerjaan secara manual dengan peralatan produksi yang relatif sederhana dengan volume produksi yang sangat rendah. Karena proyeksi ke depan berkaitan dengan potensi yang cukup besar di Sumatera Barat, maka untuk itu perlu adanya solusi teknologi tepat guna yang cocok untuk kondisi ini. Teknologi tepat guna ini seharusnya memiliki karakteristik antara lain cocok untuk volume produksi rendah, variasi bentuk masih memungkinkan, *repeatability*, dan biaya produksi rendah. Juga rancangan teknologi seharusnya menyesuaikan dengan faktor manusia (ergonomi) seperti yang dikemukakan oleh JE Thurman et al [11].

Pembuatan beberapa perkakas bantu pegang dan pengarah (jig and fixture) untuk fabrikasi beberapa komponen turbin aliran silang dapat dipandang suatu pemilihan teknologi yang tepat guna terhadap karakteristik yang telah disebutkan sebelumnya. Solusi ini dipandang sebagai suatu cara yang dapat meningkatkan produktifitas di satu sisi tetapi tidaklah begitu mahal dan relatif fleksibel dibandingkan pemanfaatan mesin-mesin produksi berbasis CNC (Computerized Numerical Control) di sisi yang lain. Dalam karya ilmiah ini pemanfaatan perkakas bantu pegang dan cekam dirancang dan dibuat untuk komponen cakram pemutar (disc runner) yang merupakan salah satu komponen penting di turbin aliran silang.

2. Turbin Aliran Silang

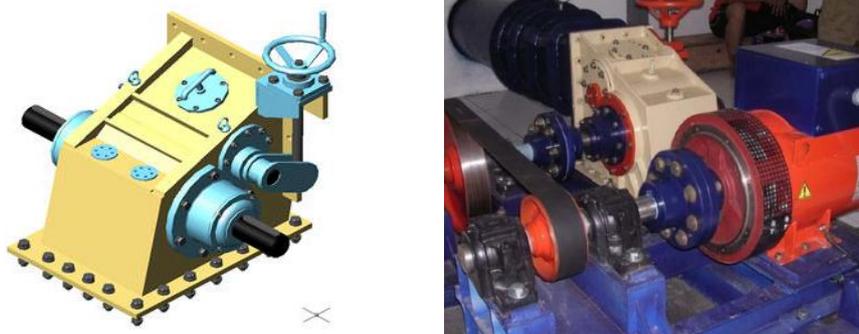
Turbin aliran silang ini juga dikenal dengan nama turbin *Michell-Banki* yang merupakan penemunya [9]. Selain itu juga disebut turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin aliran silang [12]. Turbin jenis ini dapat dioperasikan pada debit 0,2 m³/s hingga 10 m³/s dan *head* antara 1 s/d 200 m. Sebagai suatu turbin aliran radial yang bekerja pada tekanan atmosfer, turbin aliran silang menghasilkan daya dengan mengkonversikan energi kecepatan pancaran air. Meninjau karakteristik kecepatan spesifiknya, ia berada di antara turbin *Pelton* dan turbin *Francis* aliran campuran. Turbin aliran silang terdiri atas beberapa bagian utama seperti yang terlihat pada **Gambar 1**. Ada dua bagian utama yang memegang peranan penting yaitu nosel dan pemutar turbin (*runner*). Pemutar turbin (*runner*) jenis *cross flow* terdiri dari beberapa komponen yaitu 1) cakram pemutar (*disc runner*), 2) sudu pemutar (*blades Runner*) dan 3) poros pemutar (*shaft runner*).

Konstruksi *runner* merupakan gabungan dua buah cakram pemutar yang sejajar disatukan pada lingkarannya dengan sejumlah sudu pemutar dan poros pada sumbu longitudinal membentuk konstruksi yang disebut pemutar turbin. Sedangkan *nosel* berpenampang persegi, mengeluarkan pancaran air ke selebar *runner* dan masuknya dengan sudut tertentu (biasanya sekitar 16°) terhadap garis singgung lingkaran luar *runner*. Bentuk pancaran adalah persegi dan tidak terlalu tebal. Air masuk ke sudu-sudu pada rim *runner* bagian atas, memintas ruang kosong di antara bagian dalam rim, masuk ke sudu-sudu pada sisi dalam rim dan akhirnya keluar dari *runner*.



Gambar 1. Komponen-komponen pada turbin aliran silang (*cross-flow turbine*) [5]

Teknologi fabrikasi turbin air jenis *cross flow* tergolong cukup rumit, dibutuhkan ketepatan dan keakuratan pembuatan guna mendapatkan hasil yang bagus sesuai dengan spesifikasi teknis hasil rancangan sebuah turbin air jenis *cross flow*. Tidak banyak perusahaan manufaktur yang membuat turbin jenis ini. Salah satunya adalah PT. Kramatraya Sejahtera (www.kramatraya.com) di Cimahi, Jawa Barat, yang telah membuat 4 varian turbin aliran silang yaitu tipe TP100 (diameter runner 100 mm), tipe KCT200 (diameter runner 200 mm), tipe T14 (diameter runner 300 mm) dan tipe TP15 (diameter runner 500 mm). Salah satu varian yaitu tipe T14 dapat dilihat pada Gambar 2 [10].



Gambar 2. Gambar turbin aliran silang tipe T14 (kiri) dan kondisi terpasang (kanan)[10]

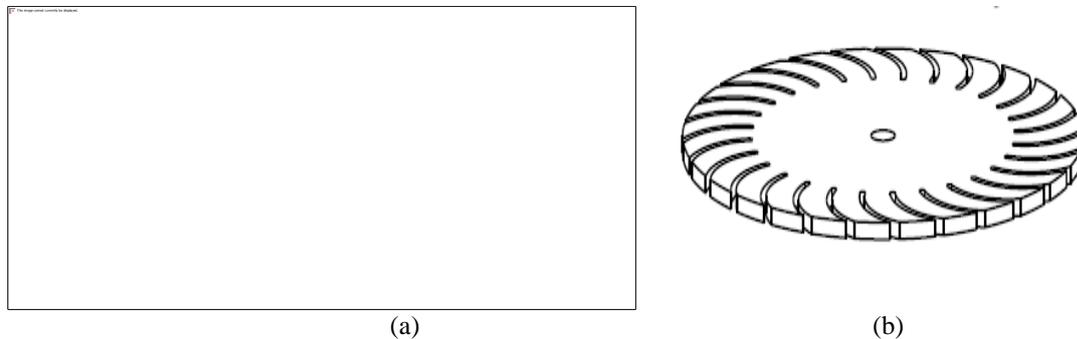
3. Fabrikasi Cakram Pemutar Yang Dilakukan di Bengkel Sekitar

Sumatera Barat memiliki potensi yang besar dalam pengembangan PLTMH dan turbin aliran silang (turbin Banki) dipakai sebagai jenis mesin konverter yang paling banyak dipilih. Hal ini menimbulkan konsekuensi terbentuknya bengkel fabrikasi turbin mikrohidro di kota Padang (sebagai ibukota provinsi) dan sekitarnya. Berdasarkan survei yang dilakukan tercatat ada sekitar 3 bengkel yang sudah memiliki pengalaman dan teknologi dalam hal fabrikasi turbin mikrohidro ini. Bengkel-bengkel produksi yang masih terbilang kecil tersebut adalah sebagai berikut:

- **Bengkel Pro Water**, beralamat di Komp. Villa Bukit Indah Blok F/9 Padang yang dimiliki oleh Bapak Johny Ivan [1]. Dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 20 orang, bengkel Pro Water ini sudah memulai mengerjakan turbin mikrohidro sejak tahun 2003 dan telah membuat lebih dari 70 unit turbin mikrohidro.
- **Bengkel BRTTG**, beralamat Jl. M. Yunus, Lubuk Lintah, yang sejatinya adalah sebuah bengkel las dengan 6 tenaga kerja, akan tetapi telah memiliki pengalaman pembuatan turbin mikrohidro hingga 8 unit sejak tahun 2008
- **CV. BASRA**, beralamat Jl. Tarandam No.13 Padang yang merupakan kontraktor sekaligus melakukan usaha perbengkelan (terutama bengkel las) dan telah memiliki pengalaman membuat turbin mikrohidro hingga 6 unit sejak tahun 2009.

Ketiga bengkel fabrikasi turbin mikrohidro ini menerima pesanan pembuatan yang berasal dari pemda (Sumbar dan luar Sumbar), Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten dan Kota, PT. PLN, Lembaga Swadaya

Masyarakat dan bantuan luar negeri, proyek pemerintah, perorangan (proyek pengabdian masyarakat), dll. Fabrikasi turbin mikrohidro dengan tipe turbin aliran silang (*cross flow*) melibatkan pembuatan masing-masing komponen seperti terlihat pada **Gambar 2** dan diakhir dengan proses perakitan. Bagian yang terpenting disini adalah pembuatan pemutar (*runner*) turbin seperti diperlihatkan pada **Gambar 3a**. *Runner* atau pemutar turbin aliran silang ini terdiri dari cakram pemutar (*disc runner*), sudu dan poros.



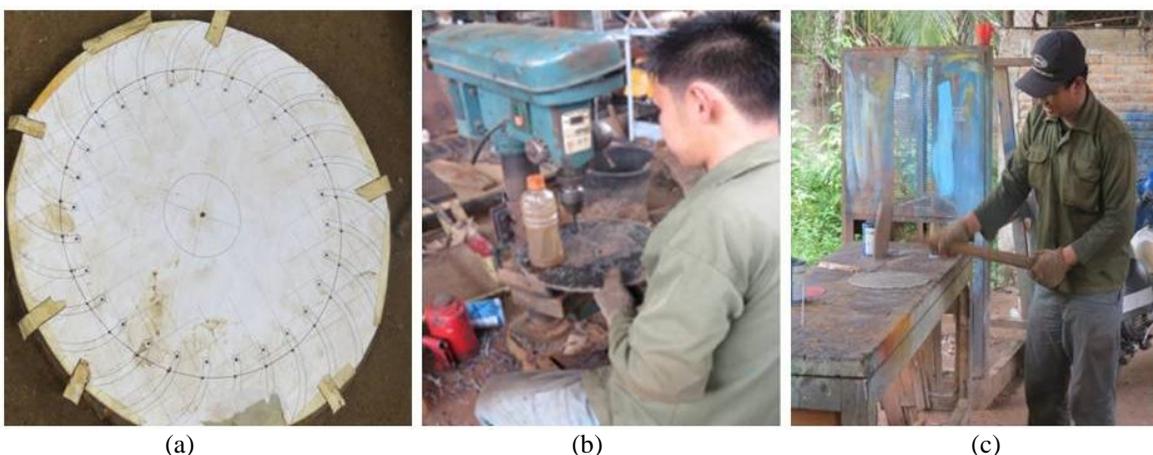
Gambar 3. (a) *Runner* turbin aliran silang [6], dan (b) cakram pemutar (*disc runner*)

Cakram pemutar atau *disc runner* (**Gambar 3b**) yang berfungsi sebagai dudukan sudu turbin yang mempunyai kelengkungan serta sudut kemiringan tertentu guna mendapatkan efisiensi turbin yang tinggi serta menghasilkan luaran daya listrik yang besar. Pembuatan cakram pemutar turbin air jenis aliran silang pada beberapa tempat di pulau Jawa telah memanfaatkan mesin-mesin canggih, dalam hal ini CNC EDM Wire Cutting untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan teliti. Salah satu perusahaan yang terkenal yaitu CV. Cihanjuang Inti Teknik yang berlokasi di Bandung. Pengerjaan cakram pemutar dengan peralatan CNC Wire Cutting membutuhkan modal yang besar karena harga mesin CNC yang mahal dan belum sesuai dengan skala keekonomiannya, karena volume produksi yang dibuat masih rendah untuk kondisi Sumatera Barat. Ketiga bengkel yang disurvei menunjukkan pengerjaan masih sangat manual. Sehingga perlu diimplementasikan suatu teknologi yang cocok (dari sisi teknologi berada di atas pengerjaan manual, tetapi masih tidak memanfaatkan mesin-mesin produksi yang terotomasi atau berteknologi CNC). Salah satu alternatifnya adalah mempergunakan perkakas bantu (*jig and fixture*) dalam proses pembuatan komponen tersebut.

3.1 Pembuatan Cakram Pemutar pada Bengkel yang Disurvei

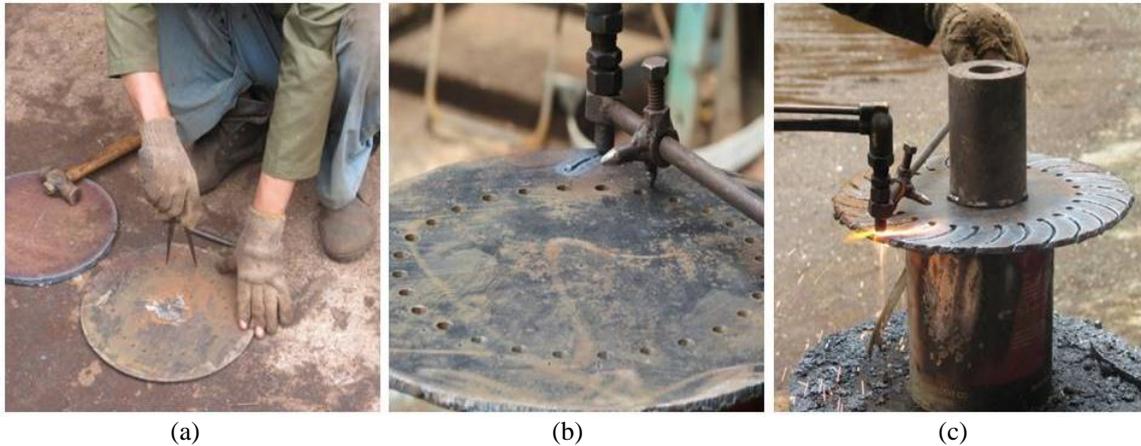
Sesuai dengan survei yang dilakukan pada bengkel BRTTG dan CV. BASRA berlokasi di kota Padang maka proses pembuatan cakram putar (*disc runner*) turbin mikrohidro dilakukan dengan cara manual dengan urutan sebagai berikut:

- Pembuatan gambar cakram pemutar dengan manual (pada kertas) dengan skala 1:1 dan kemudian ditempelkan pada material *mild steel* untuk dijadikan *template* cakram pemutar (**Gambar 4a**)
- Proses penandaan dengan penitik besi dilanjutkan dengan penandaan dengan cara mengurdi sebanyak 28 lubang dengan diameter 8 mm (**Gambar 4b**)
- Proses meratakan permukaan material pelat dengan palu besi (5 kg) yang dipukulkan ke permukaan material sampai permukaannya relatif rata (**Gambar 4c**).



Gambar 4. (a) Pembuatan *template*, (b) penandaan awal pekerjaan, (c) meratakan permukaan pelat

- d. Proses penandaan profil sudu *runner* dengan bantuan penitik dan jangka besi (untuk penandaan jari-jari kelengkungan sudu (**Gambar 5a**))
- e. Proses selanjutnya adalah pemotongan material bakal cakram pemutar dengan mempergunakan las gas asetilen (**Gambar 5b dan 5c**). Pada tahapan ini cakram pemutar diposisikan pada sebuah penumpu (yang dibuat dengan poros). Setelah itu *torch* las *asetilene* mengikuti profil sudu yang dibuat dengan kecepatan tertentu sehingga terbentuk lubang profil.



Gambar 5. (a) Penandaan profil sudu, (b) dan (c) pembuatan lubang profil sudu dengan proses las *asetilene*

3.2 Permasalahan yang Ada

Berdasarkan analisa hasil survei pendahuluan yang dilakukan pada bengkel BRTTG dan CV. BASRA yang berlokasi di Padang dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang dihadapi dalam fabrikasi turbin air jenis *cross-flow*, terutama bagian *runner* turbin. Identifikasinya adalah sebagai berikut :

- a. Fabrikasi pembuatan turbin air aliran silang untuk PLTMH bersifat *job order* dan tergolong konvensional (manual) dan belum tersentuh aplikasi teknologi manufaktur yang bersifat *intermediate-technology*, sementara permintaan akan turbin mikrohidro diprediksi akan meningkat disebabkan dukungan dari pemerintah terutama dengan ditetapkannya Sumbar oleh Kementerian ESDM sebagai lumbung energi hijau.
- b. Salah satu komponen yang terdapat pada *runner* turbin air yaitu cakram pemutar merupakan komponen kunci yang pembuatannya cukup rumit. Dari pengamatan pada proses pengerjaan di bengkel, diketahui cukup banyak persiapan kerja yang terjadi di luar fabrikasi itu sendiri seperti pembuatan gambar cakram pemutar dengan program aplikasi CAD untuk *template* proses pembuatan. Persiapan kerja juga dilakukan untuk penandaan (*marking*) dengan penitik, jangka maupun mesin gurdi untuk menghasilkan profil sudu yang benar. Demikian juga setelah dilakukan proses pemotongan dengan gas *asetilene*/karbit, maka perlu dilakukan pengerjaan tambahan yang bersifat perbaikan (*reworks*) agar profil yang dihasilkan sesuai dengan sudunya. Akibat dari hal ini maka waktu pengerjaan non-produktif (*gambar CAD, marking, pekerjaan perbaikan*) menjadi lebih dominan sehingga secara kumulatif akan menghasilkan **waktu total pengerjaan yang lama**.
- c. Cakram pemutar untuk turbin mikrohidro ini dengan jumlah sudu yang cukup banyak membutuhkan kesamaan bentuk profil dan ukuran. Maka konsekuensinya adalah **keterulangan (repeatability) pengerjaan** menjadi sangat penting. Dengan cara manual yang dilakukan sekarang ini maka hal ini menjadi permasalahan (keterulangan hasil masih rendah). Sehingga perlu dicari jalan keluarnya dengan membuat suatu perkakas bantu pengarah (*jig*) agar proses pemotongan sesuai dengan profilnya dan mampu ulang.
- d. **Ketelitian** produk hasil juga sangat penting dan menjadi masalah mitra. Hal ini disebabkan karena banyak komponen-komponen yang berpasangan sehingga diperlukan toleransi dimensi. Dengan pengerjaan manual, ketelitian yang berkaitan dengan toleransi ini hanya dapat dicapai apabila dilakukan pengulangan pekerjaan, dimana dengan perkakas bantu hal ini dapat lebih dikurangi.
- e. Selain itu beberapa operator kerja yang mengeluhkan tentang posisi dan postur kerja yang kurang **ergonomis**. Diharapkan hal ini dapat diatasi dengan rancangan perkakas bantu yang mengakomodir ukuran dan postur tubuh yang ergonomis dalam bekerja.

4. Solusi Teknologi Fabrikasi Tepat Guna yang Ditawarkan

Pada karya tulis ini ditawarkan sebuah solusi fabrikasi alternatif yang dapat menggantikan cara-cara manual tetapi masih sesuai dengan tipe produksi berdasarkan pesanan dengan karakteristik volume produksi rendah dengan ragam produksi yang tinggi. Solusi yang ditawarkan adalah pemakaian perkakas bantu pegang dan pengarah (*jig & fixture*) sebagai suatu bentuk teknologi tepat guna pada fabrikasi komponen turbin mikrohidro. Hal ini dipandang cocok karena tipe produksi masih bersifat *job shop* dengan jumlah pesanan yang masih sangat rendah dan sporadis, dimana pemakaian mesin produksi rancangan khusus atau berbasis CNC (misal: CNC EDM Wire Cutting) belum dimungkinkan karena faktor skala ekonomis.

4.1 Konsep Desain Teknologi Fabrikasi dengan Perkakas Bantu

Konsep disain yang dipakai pada perancangan perkakas bantu ini adalah:

- a. Mereduksi waktu pengerjaan
- b. Menjamin ketelitian
- c. Menjamin keterulangan (repeatability)
- d. Mengintegrasikan aspek ergonomi
- e. *Low-cost*

Perkakas bantu pegang dan pengarah (*jig and fixture*) yang dibuat seharusnya mempersingkat atau mereduksi waktu pengerjaan cakram pemutar karena dalam satu perkakas bantu yang dirancang ini menggabungkan beberapa elemen pekerjaan (operasi) yang sebelumnya dilakukan dengan cara manual dan terpisah. Langkah operasi ini seperti pembuatan *template* cakram pemutar dengan gambar CAD, penandaan (marking) pada material pelat dengan penitik, penandaan jangka dan penggurdian dapat diintegrasikan dalam suatu langkah proses yang terintegrasi dengan perkakas bantu yang dibuat.

Solusi yang ditawarkan juga berkaitan dengan ketelitian dan keterulangan (repeatability) dari pengerjaan. Perkakas bantu nantinya akan dilengkapi dengan kepala pembagi (dividing head) yang berfungsi untuk membagi kedudukan sudu benda kerja yang akan di potong sebanyak jumlah sudu turbin yang diinginkan secara teliti. Demikian juga dengan bagian *jig* yang mengarahkan *torch* las dengan kelengkungan yang benar dan berulang untuk profil sudu-sudu lainnya. Dengan demikian proses pembuatan dapat menjamin juga sifat mampu ulang (repeatability).

Solusi lain yang diberikan adalah yang berkaitan dengan *human factor* yaitu aspek ergonomi dalam pekerjaan. Desain perkakas bantu yang akan dibuat telah memperhatikan aspek ergonomi (kesesuaian dengan antropometri manusia Indonesia) dan analisa perancangan kerja (APK). Dengan hal ini diharapkan kenyamanan dan keselamatan kerja bagi operator pada mitra bengkel yang dipilih menjadi lebih terjamin.

Material yang digunakan untuk pembuatan perkakas bantu adalah material yang mudah ditemukan di pasaran agar lebih murah (*low-cost*). Diharapkan biaya pembuatan *jig and fixture* ini juga lebih murah sehingga menghasilkan ongkos tetap (*fixed cost*) yang juga rendah, sehingga cocok dipakai oleh bengkel skala industri mikro dan UMKM. Dengan ini diharapkan titik impas (*break-even point*) dapat dengan jumlah produksi yang masih rendah.

4.2 Hasil Rancangan Perkakas Pegang dan Pengarah

Rancangan perkakas bantu terbagi atas dua bagian. Yang pertama adalah perkakas yang memegang (*to hold or to clamp*), mengalokasikan (*to allocate*) dan sekaligus memutar benda kerja yang akan difabrikasi, dalam hal ini disebut saja perkakas bantu pegang atau secara umum disebut *fixture*. Yang kedua adalah perkakas yang mengarahkan/ menuntun (*to guide*) dari *torch* las gas *asetilene* dalam memotong benda kerja dalam bentuk sebuah profil sudu turbin. Yang disebut terakhir ini berfungsi sebagai suatu *jig* atau menuntun jalannya perkakas potong.

Perkakas bantu pegang dan pengarah (*jig and fixture*) dirancang untuk pembuatan cakram pemutar (*disc runner*) dengan diameter cakram maksimum 300 mm, jumlah kedudukan sudu hingga 28 lengkungan. Perkakas bantu ini juga dirancang dapat dipergunakan untuk pemotongan material plat (lembaran) dalam bentuk prisma (persegi) menjadi silindris (bulat) dengan besar dimensi material sama dengan besar material cakram pemutar. *Torch* las gas asetilen merupakan alat pemotong yang dipakai untuk pembuatan lengkungan cakram pemutar.

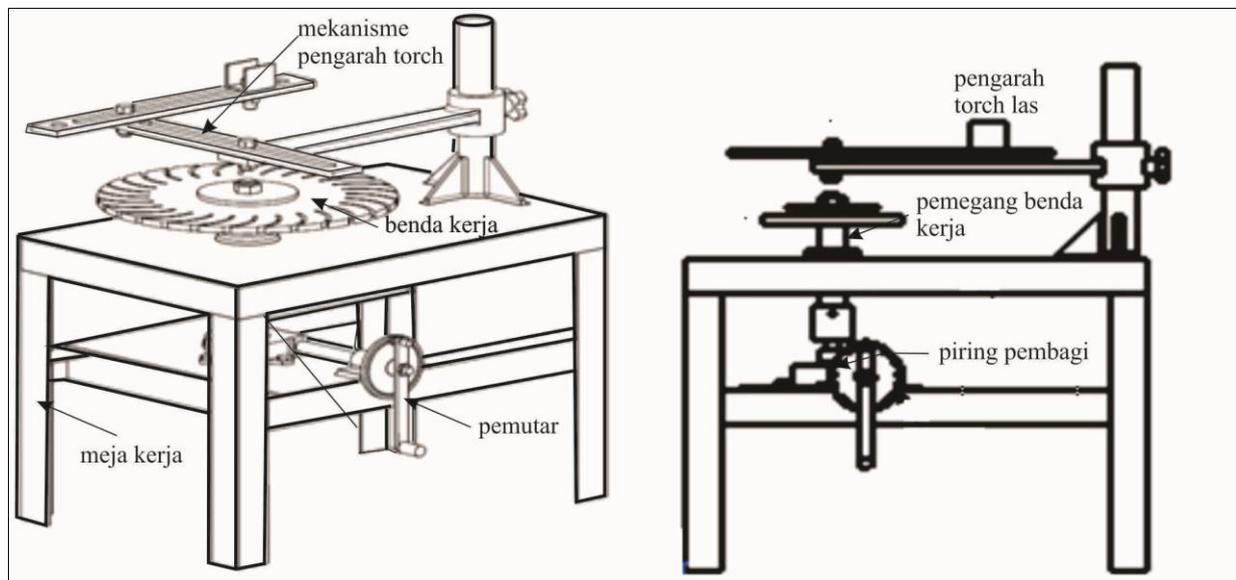
Rancangan Versi 1 dari perkakas bantu pegang dan pengarah untuk pembuatan cakram pemutar turbin aliran silang (Gambar 6) terdiri dari beberapa komponen utama sebagai berikut:

- Meja kerja
- Piring pembagi

- Pemegang benda kerja
- Pemutar
- Pengarah *torch* las dan mekanismenya

Meja kerja adalah tempat dudukan dari perkakas bantu yang dibuat sehingga harus dibuat kuat dan kaku. Meja kerja berbentuk segi empat dengan dimensi 320 x 500 x 750 mm. Tinggi kerja disesuaikan dengan ukuran tubuh orang Indonesia dan tipe pekerjaan yang membutuhkan keluwesan gerak dan operator kerja untuk pria. **Piring pembagi** dirancang dengan material pelat mild steel dan berfungsi melakukan pembagian cakram pemutar dengan sudut pembagi yang ditentukan, sebagai contoh pembagian 28 segmen pada lingkaran maka dengan sudut pembagi sebesar 12,8°. **Pemutar** berhubungan dengan poros dan sebuah *gear box* yang poros masuknya horizontal dan poros keluarinya vertikal. Poros keluar ini akan memutar piring pembagi yang berhubungan dengan pemegang benda kerja.

Pemegang benda kerja dirancang harus mampu mencekam benda kerja dan tidak merusak benda kerja yang akan dicekam. Pemegang terdiri dari landasan (diameter 150 mm, tebal 8 mm) dan pencekam (clamping) dengan diameter 100 mm, tebal 5 mm. Kedua komponen tersebut digabung dalam satu poros bertingkat dengan ukuran diameter 30 mm panjang 150 mm serta berulir di ujungnya untuk dipasangkan mur M18 x 2. **Pengarah torch las** terdiri dari bagian pemegang torch dan mekanisme pengarah berbentuk lengan kinematik. Pengarah ini harus rigid supaya pada waktu pemotongan dengan torch las asitilene maka profil lengkungan sudu yang dihasilkan cukup teliti.



Gambar 6. Rancangan versi 1 dari perkakas bantu pegang dan pengarah untuk cakram pemutar

5. Kesimpulan

Telah dirancang suatu teknologi fabrikasi tepat guna dalam suatu bentuk perkakas bantu pegang dan pengarah (*jig and fixture*) untuk komponen turbin aliran silang, terutama komponen cakram pemutar (*disc runner*) untuk skala bengkel fabrikasi sederhana. Konsep disain yang dipakai dalam merancang teknologi fabrikasi ini adalah bahwa perkakas bantu dapat 1) mereduksi waktu pengerjaan, 2) menjamin ketelitian, 3) menjamin keterulangan (*repeatability*), 4) mengintegrasikan aspek ergonomi dan 5) biaya murah (*low-cost*). Spesifikasi teknis dari perkakas bantu ini adalah panjang 320 mm x lebar 500 mm x tinggi 750 mm. Perkakas bantu mampu membagi hingga 28 segmen sudu turbin. Diameter cakram pemutar yang mampu difabrikasi hingga 300 mm dengan tebal pelat hingga 8 mm. Perancangan *jig* pengarah dibuat dengan mekanisme kinematik sehingga terbentuk gerakan profil sudu dengan jari-jari kelengkungan tertentu yang menuntun *torch* las asitilen melakukan pemotongan.

Penelitian lanjutan diarahkan untuk menganalisa produktifitas dan ketelitian proses fabrikasi dengan perkakas bantu atau tanpa perkakas bantu (*manual*). Analisa titik impas juga akan dilakukan antara 2 alternatif pengerjaan (*manual* dan dengan perkakas bantu) untuk mempertimbangkan volume produksi yang ekonomis dalam menggunakan perkakas bantu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterimakasih kepada Bapak Zulkifli Z. (pemilik bengkel BRTTG) dan Ibu Selvi Hardianti (pemilik CV. BASRA) atas diskusi dan kesempatan untuk melakukan pengamatan pembuatan turbin mikro hidro secara manual.

Daftar Pustaka

- [1] Agnes R.S., Johny, Membawa Terang Lewat PLTMH, <http://female.kompas.com/read/2009/04/19/00120394/johny.membawa.terang.lewat.pltmh> (Berita Kompas Online tanggal 19 April 2009).
- [2] Agnes R.S., Potensi Energi Mikrohidro di Sumbar capai 500 Megawatt, <http://regional.kompas.com/read/2009/02/12/09005371/> (Berita Kompas Online tanggal 12 September 2009).
- [3] Alex Arte dan Ueli Meier, Seri Memanfaatkan Tenaga Air dalam Skala Kecil Buku 2, Pedoman Rekayasa Tenaga Air, Jakarta, 1991.
- [4] Desai, V.R. and Aziz, N.M., An Experimental Investigation Of Cross- Flow Turbine Efficiency, Journal of Fluids Engineering, Vol.116 1944.
- [5] Dietzel,Fritz, Dakso Sriyono,Turbin Pompa dan Kompresor, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [6] Efendi,Yunaldi, Perancangan Turbin Air Aliran Silang (Cross Flow Turbine), Tugas Akhir, Padang, 2009.
- [7] Ferial, Provinsi Sumbar akan Menjadi Lumbung Energi Hijau, <http://ebtke.esdm.go.id/670> (Berita Online Dirjen Energi Baru dan Terbarukan, Kementrian ESDM tanggal 13 September 2012).
- [8] Fiuzat,A.A. and Akerkar,B. P., Power Outputs Of Two Stages Of Cross- Flow Turbine, Journal of Fluids Engineering, Vol.117 No.2 1991.
- [9] Mocmore,C.A. et al, The Banki Water Turbin, Engineering Experiment Station, Oregon State Colleg, Corvallis, Oregon, 1998.
- [10] N.N., Turbin Crossflow Tipe T14, http://indonetwork.co.id/kramatraya_sejahtera/1283907/turbin-crossflow-t14.htm (diakses tanggal 31 Maret 2014)
- [11] Thurman, J.E et al, Higher productivity and a better place to work: practical ideas for owners and managers of small and medium-sized industrial enterprises, International Labour Office, 1988.
- [12] Verma,V. J., The Scenario for Small Hydro Development, Water and Energy International Volume 39, Issue 4, 1982.