

Perencanaan Pengembangan Turbin Pikohidro untuk Produk Industri Indonesia

Henny Sudiby¹, Ridwan Arief Subekti², Anjar Susatyo³

Research Centre for Electrical Power and Mechatronics, Indonesian Institute of Sciences
Bandung, Indonesia^{1,2,3}

henny.sudiby@lipi.go.id¹, anjarsusatyo@yahoo.com, ridwanarief_rais@yahoo.com

Abstrak —Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI telah merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga air skala piko hidro dengan kapasitas daya 200 Watt yang dapat diaplikasikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik satu rumah dan dapat diproduksi atau dibuat di bengkel industri rumahan. Desain Turbin Propeller 200 Watt ini untuk aplikasi 1 rumah dengan debit rencana 25 liter/detik dan head 2 meter. Material utama turbin terbuat dari besi, sudu satu rangkaian dengan runner terbuat dari plastik, dan casing, draft tube dan inlet dari pipa PVC. Kelebihan turbin ini yaitu bobotnya ringan, konstruksinya sederhana, pemasangan mudah, harganya murah/terjangkau, mudah dalam pengoperasian dan perawatan, handal serta memiliki efisiensi maksimal. Tulisan ini menganalisis perencanaan pengembangan turbin pikohidro untuk bisa di terima pasaran dan di produksi oleh industri. Dari perhitungan analisis cashflow turbin air pikohidro dengan penjualan produk 10 buah per bulan dengan harga jual sekitar 8 jutaan selama masa produksi 60 bulan, dengan interest rate 14 % per tahun, diperoleh IRR 20,36%. Payback period 27 bulan. Dari perhitungan cash flow dengan nilai NPV lebih besar dari nol menunjukkan investasi untuk pengembangan produksi turbin pikohidro layak untuk diusahakan. Analisis pemasaran dan inovasi teknologi menunjukkan produksi turbin pikohidro ini dapat dikembangkan dan diindustrialisasi. Pengembangan industri turbin nasional akan mengurangi ketergantungan impor teknologi turbin.

Kata kunci : analisis teknoekonomi, inovasi, turbin pikohidro

I. PENDAHULUAN

Indonesia yang terdiri dari banyak pegunungan dan sungai memiliki potensi untuk dapat dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga air. Potensi tersebut tidak hanya terpaku pada pembangkit listrik skala besar. Aliran sungai yang tidak terlalu besar dengan beda ketinggian (*head*) yang tidak terlalu tinggi yaitu sekitar 1-3 m dapat dikembangkan pembangkit pikohidro. Pikohidro merupakan jenis pembangkit menggunakan tenaga air yang mempunyai kapasitas dibawah 5 kW [1].

Dengan kapasitas daya sebesar 250 Watt, energi listrik yang dibangkitkan tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi satu rumah. Pembangkit listrik pikohidro ini dapat diterapkan di sepanjang aliran sungai datar maupun pada saluran irigasi yang banyak lokasinya tidak jauh dari pemukiman

penduduk. Dengan banyaknya aliran sungai dan saluran irigasi yang ada di Indonesia, akan sangat potensial untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga air skala kecil [2].

Saat ini teknologi pembangkit listrik tenaga air masih belum banyak dikuasai di dalam negeri dan masih mengacu pada teknologi dari luar negeri. Untuk itu diperlukan penguasaan teknologi tersebut agar tidak bergantung pada negara lain. Penguasaan teknologi turbin air terutama skala kecil yang akan diaplikasikan pada daerah pedalaman atau pegunungan yang mempunyai potensi sungai atau aliran air merupakan salah satu upaya pembangunan negara.



Gambar 1. Produk Turbin Pikohidro

Gambar 1 menjelaskan salah satu bentuk teknologi turbin pikohidro yang telah dikembangkan di Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI. Pengembangan turbin pikohidro ini sampai pada level TKT 8, dimana produk telah dilakukan pengujian dan telah dipasang. Dengan menguasai teknologi pembuatan pembangkit listrik skala pikohidro dapat menunjang program pemerintah mengenai pemanfaatan energi terbarukan khususnya pembangkit listrik tenaga air skala kecil.

Kondisi Indonesia saat ini sebanyak 12.208 desa sebagian desa belum berlistrik, sebanyak 20.160 desa masih gelap gulita, dan sebanyak 184 juta KK belum menikmati listrik, desa-desa yang belum teraliri listrik tersebut terutama di provinsi Papua, Papua Barat dan Maluku [3]. Untuk di Papua daerah-daerah tertinggal yaitu Keerom, Meraoke, Boven Digoel, Pegunungan Bintang dan Supiori. Di provinsi Papua banyak daerah yang terpencil, masyarakat atau penduduk berkelompok yang hidup di tengah hutan atau tengah kawasan yang jauh dari perkotaan, untuk memasang listrik ataupun jaringan membutuhkan biaya yang besar. Rasio elektrifikasi Papua sebesar 47,69% dan Papua Barat sebesar 89,94% [4]. Ketimpangan rasio elektrifikasi antara Papua dan Papua barat perlu terus diperkecil dengan melistriki dikawasan terpencil, terutama di desa-desa yang jauh aksesnya dari jalan raya.

Teknologi penghasil energi listrik yang sederhana, handal, murah, mudah dalam operasi dan perawatannya diperlukan untuk mengatasi problema penyediaan energi listrik di daerah daerah tersebut. Berbagai prototipe turbin air telah banyak dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan. Beberapa jenis turbin air tersebut antara lain adalah turbin *propeller*, turbin *cross flow*, dan turbin pelton dengan

spesifikasi teknis *head*, debit, dan kapasitas daya yang beragam. Ini menjadi modal utama untuk dapat mengembangkan kemampuan dalam negeri dalam bidang pembangkit listrik tenaga pikohidro. Industri energi terbarukan di Indonesia saat ini terbatas walaupun sumber energi terbarukan di Indonesia melimpah. Menumbuhkan industri nasional pada sektor industri terbarukan tidaklah mudah. Perkembangan industri energi terbarukan di Indonesia jika diterapkan akan dapat menentukan keunggulan suatu negara [5]. Penggunaan tenaga listrik EBT di Indonesia juga sangat dibatasi oleh murahnya harga listrik subsidi PT PLN kecuali di daerah pedalaman dimana PT PLN tidak ada dan inovasi yang terjadi hanya terbatas saja, kebanyakan inovasi untuk tujuan efisiensi [6].



Gambar 2. Prototipe Turbin Pikohidro

Pada tulisan ini akan dipaparkan pengembangan produk teknologi turbin pikohidro agar dapat diterima di pasar dan menjadi produk inovasi teknologi terbarukan. Produk turbin pikohidro 250 Watt seperti pada gambar 2 telah dibuat di industri dan belum dikembangkan untuk pemasarannya. Untuk itu perlu strategi pengembangan produk turbin pikohidro agar diterima oleh pasar. Pengembangan produk energi terbarukan terutama dengan menganalisis terlebih dahulu potensi pasar, analisis kelayakan usahanya beserta analisis teknologinya.

II. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada penulisan ini merupakan perpaduan antara studi literatur dan studi lapangan dengan komposisi yang didominasi oleh studi literatur. Metode penelusuran informasi dilakukan mulai menelusuri berbagai buku, jurnal ilmiah, artikel, media massa, dokumen perencanaan,

dokumen teknis pelaksana, dan dokumen lain yang terkait dengan bahan kebijakan energi terbarukan terutama pembangkit tenaga air dan industri turbin di Indonesia. Teknik analisis yang digunakan ialah deskriptif-kualitatif. Analisis pemasaran produk dan inovasi teknologi dilakukan dengan melihat kondisi internal dan keadaan yang ada di lingkungan. Analisis kelayakan industri dilakukan dengan tekno ekonomi. Analisis tekno ekonomi pada tulisan ini menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), dikenal juga dengan metode nilai sekarang bersih. Dasar metode ini adalah merupakan selisih antara nilai sekarang penerimaan (*benefit*) dan nilai sekarang (*cost*). Perlu ditetapkan dahulu tingkat suku bunga (*discount rate*) untuk menentukan nilai sekarang penerimaan/pengeluaran. Apabila penerimaan kas bersih di masa yang akan datang lebih besar dari nilai investasi sekarang, dikatakan menguntungkan maka proyek diterima. Sedangkan apabila lebih kecil NPV negatif maka usulan proyek ditolak karena dinilai tidak menguntungkan. Dengan kata lain bila $NPV > 0$ maka proyek diterima. Sebaliknya jika nilai $NPV < 0$ maka proyek tidak layak [7].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Ekonomi Pemasaran dan Finansial

Biaya produksi dan analisis finansial produk diperlukan untuk mengetahui biaya produksi dan nilai investasi produksi apakah layak untuk dikembangkan atau tidak. Produk turbin ini telah melewati rangkaian pengujian laboratorium dan pengujian lapangan yang dapat menghasilkan energi sesuai dengan rancangan.

Tabel 1. Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan HPP	
Total Biaya per bulan	Rp 65.822.951,00
Kapasitas aktual per bulan	10 buah
HPP per buah	Rp 6.582.295,00
Netto keuntungan (25% dari HPP)	Rp 1.645.574,00
Harga jual	Rp 8.227.869,00
Keuntungan per bulan	Rp 16.455.738,00

Harga Pokok Penjualan turbin memperhitungkan komponen utama yaitu rumah turbin, poros, runner, generator. Kontrol panel dan jasa

assembling sekitar Rp 4.500.000,- kebutuhan peralatan produksi diantaranya peralatan cetakan PVC, mesin bubut, mesin bor duduk, mesin cutting wheel, solder PVC, kunci ring, *tool box*, peralatan elektrik serta kabel. Untuk perhitungan biaya operasional bulanan diperhitungkan biaya tetap meliputi biaya pemeliharaan dan sewa gedung untuk biaya variabel meliputi bahan baku, tenaga kerja, listrik, air dan juga diperhitungkan biaya semi variabel. Total biaya per bulan sebesar Rp 65.822.951,- seperti pada tabel 1 diatas, dengan kapasitas produksi tiap bulan sebesar 10 buah turbin. Dengan nilai HPP sebesar 6.582.295,00 kita dapat keuntungan sebesar 16.455.738,- untuk keuntungan 25% dari HPP. Sebagai gambaran untuk kondisi saat ini harga pokok produksi (HPP) turbin air pikohidro skala kecil menengah masih cukup mahal yaitu sekitar Rp 6,5 juta per unitnya. Bila produk tersebut diproduksi secara massal, maka diharapkan harga pokok produksi dapat ditekan sehingga harga jual dapat menjadi lebih murah.

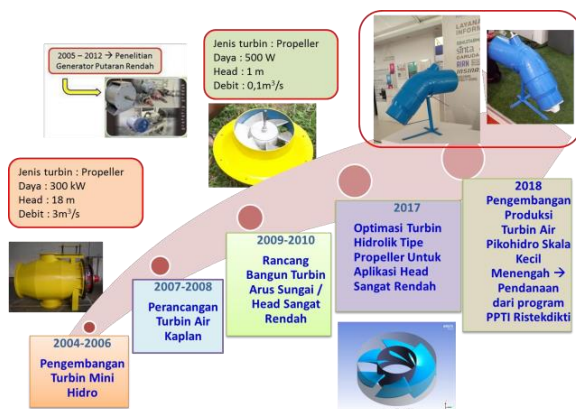
Dari perhitungan analisis *cash flow* turbin air pikohidro dengan penjualan produk 10 buah per bulan dengan harga jual sekitar 8 jutaan selama masa produksi 60 bulan, dengan interest rate 14 % per tahun, diperoleh IRR 20,36%. *Payback period* 27 bulan. Dari perhitungan *cash flow* dengan nilai NPV lebih besar dari nol menunjukkan investasi untuk pengembangan produksi turbin pikohidro layak untuk diusahakan. Perhitungan *cash flow* menunjukkan pengembangan industri turbin ini memberikan investasi yang menguntungkan.

Pesaing industri turbin air pikohidro skala kecil menengah di Indonesia saat ini dan nanti di antaranya industri turbin yang sudah mapan baik di dalam maupun di luar negeri sehingga tidak mudah untuk bersaing dengan industri besar seperti mereka.

Tantangan industri pada produk turbin air pikohidro skala kecil menengah antara lain adalah pesaing, pendatang baru, pemasok dan stakeholder. Produk turbin air yang ada di pasaran Indonesia saat ini didominasi oleh produk import dari luar negeri terutama dari China. Industri turbin air yang sudah ada tersebut yang dapat menjadi pesaing bagi bakal produk turbin air pikohidro skala kecil menengah ini. Pendatang baru pada industri ini adalah industri turbin air dalam negeri dan industri dari luar negeri terutama dari negara China.

B. Analisis Teknologi

Teknologi pembangkit pikohidro ini bermula dari rangkaian riset yang telah dikembangkan di Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI. Riset yang telah dilakukan tersebut mulai dari pembangkit listrik tenaga air skala kecil (pikohidro dan mikrohidro) sampai dengan pembangkit listrik tenaga air skala menengah (minihidro). Dari penelitian tersebut telah dihasilkan beberapa jenis prototipe turbin air dengan spesifikasi yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaan dan peruntukannya. Gambar 3 menunjukkan produk-produk turbin yang telah dikembangkan oleh Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI. Pengembangan industri energi terbarukan nasional berdasarkan analisis metode ‘Diamond Porter’ menunjukkan kemampuan bangsa Indonesia untuk mewujudkan industri-industri di bidang energi terbarukan. Empat faktor dalam model porter menunjukkan keunggulan-keunggulan serta tantangan yang perlu dihadapi dalam pengembangan industri energi terbarukan di Indonesia. Pendukung faktor-faktor pengembangan industri EBT meliputi sumber daya manusia, sumber daya alam, infrastruktur, kondisi pasar, serta keberadaan roadmap energi nasional, dan beberapa industri pendukung energi terbarukan ada di Indonesia[8].

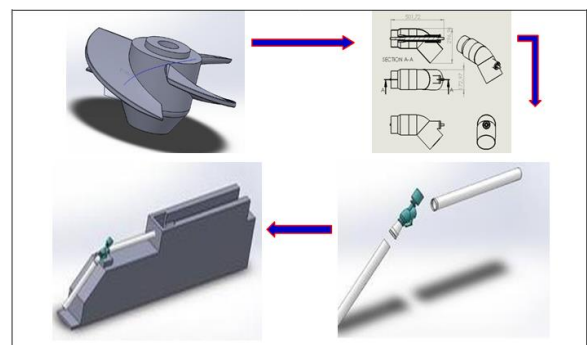


Gambar 3. Perkembangan riset teknologi pembangkit tenaga air.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) pada produk pikohidro ini yaitu pada level TKT 8. TKT merupakan ukuran tingkat kesiapan teknologi yang diartikan sebagai indikator yang menunjukkan seberapa siap atau matang suatu teknologi dapat diadopsi atau diterapkan oleh pengguna. TKT 8 menunjukkan sistem

telah lengkap memenuhi syarat (*qualified*) melalui pengujian dan demonstrasi dalam lingkungan sebenarnya. Produk inovasi turbin air pikohidro skala kecil menengah telah berada pada tingkat kesiapan teknologi (TKT) 8 sehingga layak untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu proses inkubasi dan komersialisasi.

Komponen turbin meliputi poros, runner, generator dan rumah turbin. Seluruh komponen utama turbin air pikohidro ini menggunakan komponen yang ada di pasaran dalam negeri. Komponen tersebut selanjutnya dirangkai hingga menjadi pembangkit listrik tenaga air dalam sebuah sistem yang dibuat oleh tim peneliti LIPI. Peralatan mekanik turbin terdiri dari mesin bubut, mesin milling, mesin frais, mesin bor duduk, mesin gerinda, dan mesin potong pipa/besi. Peralatan perakitan elektrik yang terdiri dari: peralatan penyolderan, tang jepit, tang potong, alat ukur elektrik (multi tester) dan lainnya. Sedangkan fasilitas yang dibutuhkan pada proses pembuatan turbin air pikohidro skala kecil menengah adalah laboratorium pengujian atau *quality control* hasil produk. Sistem yang dikembangkan pada turbin air pikohidro skala kecil menengah secara umum seperti yang terdapat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Rangkaian sistem turbin pikohidro

Industri turbin air di Indonesia terbatas, beberapa produk industri turbin air di produksi di Bandung seperti PT Cihanjuang Inti Teknik, PT Hidro Turbin Indonesia dan PT Heksa Prakarsa. Produk turbin air yang ada di pasaran Indonesia saat ini didominasi oleh produk import dari luar negeri terutama dari China, India dan negara negara Eropa. Pengembangan turbin air ini dapat menjadi produk inovasi nasioanal yang dapat diproduksi industri dalam negeri dalam memasok teknologi penghasil energi listrik di daerah pedalaman.

Tingkat Komponen Dalam Negeri pada produk turbin pikohidro ini mencapai 90% jika diterapkan, komponen generator merupakan komponen yang masih banyak didatangkan dari luar negeri atau merupakan produk asli luar negeri. Untuk generator hasil dari produksi dalam negeri saat ini belum ada, baru sebatas prototipe hasil penelitian yang belum diproduksi oleh industri. Pengembangan turbin air pikohidro ini dapat dibarengi dengan pengembangan industri generator terutama untuk generator putaran rendah dan putaran menengah yang menggunakan magnet permanent.

IV. SIMPULAN

Pengembangan turbin pikohidro 250 Watt menuju produk industri berdasarkan analisis pasar produk ini dapat menjadi solusi kebutuhan energi di daerah pedalaman seperti di daerah Papua, dari hasil kajian ekonomi pemasaran produk turbin pikohidro 250 Watt mempunyai nilai HPP sebesar Rp 6.582.295,00 dengan *cashflow* IRR 20,36%, *payback* period 27 bulan. Dari perhitungan *cashflow* dengan nilai NPV lebih besar dari nol menunjukkan investasi untuk pengembangan produksi turbin pikohidro layak untuk diusahakan. Kelebihan turbin ini yaitu bobotnya ringan, konstruksinya sederhana, pemasangan mudah, harganya terjangkau, mudah dalam pengoperasian dan perawatan, handal serta memiliki efisiensi maksimal. Analisis pemasaran dan inovasi teknologi menunjukkan produksi turbin pikohidro ini dapat dikembangkan dan diindustrialisasi.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Kementerian Ristekdikti yang telah memberikan hibah bantuan Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) untuk Hilirisasi Pengembangan Turbin Air Pikohidro. Terimakasih juga disampaikan untuk CV Intech Bandung sebagai mitra industri yang telah

membantu produksi prototipe turbin air pikohidro.

Daftar Pustaka

- [1] S.J. Williamson, B.H. Stark, J.D. Booker, "Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis," *Renewable Energy*, Volume 61 hal. 43-50, Januari 2014.
- [2] H. Sudibyo, "Laporan akhir pengembangan produksi turbin air pikohidro skala kecil menengah mendukung hilirisasi dan komersialisasi teknologi efisiensi," Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI Bandung, September 2019.
- [3] Eman Priyono Warsito, "Tantangan Melistriki Desa, Seminar FGD, Focus Group Discussion (FGD) Penguatan Ketahanan Energi : Energi Baru Terbarukan Untuk Daerah Terpencil Menggunakan Sistem Pembangkit Turbin Vortex 12 kW dan Piko Hidro," Bandung, 2 Mei 2019.
- [4] Mansur Tiro, Pemetaan Kebutuhan, Potensi, Tantangan dan Upaya Peningkatannya Seminar FGD, Focus Group Discussion (FGD) Penguatan Ketahanan Energi : Energi Baru Terbarukan Untuk Daerah Terpencil Menggunakan Sistem Pembangkit Turbin Vortex 12 kW dan Piko Hidro," Bandung, 2 Mei 2019. M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [5] Sudibyo, H. and Wresta, A., "Product Development Research results in the field of renewable energy for industry," *National Technopreneurship Seminar and Technology Transfer*, Cibinong, 2015
- [6] Anugerah Yuka Asmara, "The Potential and Use of Renewable Energy for Electricity In Indonesia: Innovation, Policy, and Its Challenges," *Forum Tahunan Pengembangan Iptek dan Inovasi Nasional IV*, Tahun 2014.
- [7] A. Harvey, A. Brown, P. Hettiarachi, A. Inversin, "Micro-Hydro Design Manual, A Guide to Small-Scale Water Power Schemes," London, UK: ITDG Publishing, 1993 reprinted 2002.
- [8] Porter, M.E., "The Competitive Advantage of Nations," Free Press, Brooklyn, Massachusetts, 1990.