

Pemanfaatan Teknologi Mikrohidro Pada Air Buangan Tambang

Ifa Auliachusna, Mutiara Selina, Wahyu Idi Pangngestu, Tedy Agung Cahyadi

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas

Pembangunan Nasional” Veteran” Yogyakarta

Korespondensi : chusna.aulia20@gmail.com

ABSTRAK

Air kerap menjadi masalah dalam dunia pertambangan di Indonesia yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi karena dilalui garis khatulistiwa, curah hujan yang cukup tinggi ini dapat menyebabkan terganggunya aktivitas penambangan. Berdasarkan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM, 2018) terdapat 8588 perusahaan yang telah memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP) dengan 6390 perusahaan yang telah memiliki IUP *Clean and Clear* dan 2.198 perusahaan yang memiliki IUP *non Clean and Clear*. Apabila semua perusahaan yang telah mendapatkan IUP CnC dan rata-rata debit air limpasan minimum yang diambil dari beberapa perusahaan tambang di Indonesia adalah sebesar $1,54 \text{ m}^3/\text{detik}$, maka dapat dihitung potensi jumlah air buangan tambang pada area IUP CnC dan potensi energi listrik yang dihasilkan melalui teknologi mikrohidro. Penerapan teknologi ini dapat dilakukan dengan merancang sistem aliran untuk menentukan jumlah serta ketinggian aliran pada teknologi mikrohidro. Berdasarkan rancangan dan debit rata-rata yang didapat, maka dapat diperkirakan bahwa potensi energi listrik yang dapat dihasilkan melalui pendekatan analisis adalah sebesar 246,8 MW. Nilai potensi energi listrik sebesar ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik yang lainnya sehingga dapat memungkinkan tercapainya rasio elektrifikasi tahun 2019.

Kata kunci: air buangan tambang, energi listrik, mikrohidro.

ABSTRACT

Water is often be a problem in Indonesian mining industry which has high rainfall because Indonesia lines in the equator, this high rainfall can distrup mining activities. Based on Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM, 2018) there are 8.588 companies have had Izin Usaha Pertambangan (IUP) with 6390 for IUP Clean and Clear and 2.198 for IUP non Clean and Clear. If all companies have a CnC IUP and there is a $1,54 \text{ m}^3/\text{second}$ for minimum velocity water, so the potential amount of waste water in the area and the potential for electric energy generated through microhydro technology can be calculated. This technology can be applied by designing the flow system to determine the amount and altitude of flow in the microhydro technology. Based on design and average of velocity water, it can be estimated that potential for electric energy to be generated through an analytical method is 246,8 MW. This potential energy can be used for the other power needs so that the electrification ratio for 2019 in Indonesia can be achieved.

Keywords: mining water, potential of electric energy, microhydro.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang dipicu oleh perubahan zaman mengakibatkan kebutuhan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan, bahkan pemerintah memiliki target rasio elektrifikasi atau perbandingan jumlah rumah tangga yang sudah menggunakan listrik terhadap jumlah seluruh rumah tangga di Indonesia untuk tahun 2019 yaitu sebesar 97,36%. Rasio elektrifikasi yang tinggi ini menyebabkan peranan sumber energi alternatif atau Sumber Daya Alam (SDA) terbarukan sangat dibutuhkan dan harus dikembangkan, tetapi perkembangan energi alternatif di Indonesia belum optimal, misalnya energi alternatif air. Air yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari juga memiliki sisi negatif, misalnya pada sektor pertambangan. Pada metode tambang terbuka, air hujan yang berlebih dapat menyebabkan terganggunya aktivitas pertambangan, begitu pun pada tambang bawah tanah, air yang terserap pada tanah secara berlebihan dapat mengakibatkan *front* tambang menjadi tergenang air dan atapnya lebih rawan terhadap keruntuhan (Cahyadi, 2018). Setiap perusahaan yang bergerak pada

sektor pertambangan harus memiliki Izin Usaha Pertambangan(IUP). Indonesia memiliki 8.588 perusahaan yang memiliki IUP dengan jumlah 6.390 IUP CnC dan 2.198 IUP Non CnC. Jika setiap perusahaan yang memiliki IUP CnC menerapkan teknologi mikrohidro, maka potensi energi listrik yang dihasilkan cukup besar dan dapat menyubstitusi kebutuhan listrik pada masyarakat maupun perusahaan(ESDM,2018). Penyubstitusian energi listrik ini dapat memudahkan perusahaan tambang yang pada umumnya lokasi tambang jauh dari pemukiman warga, sehingga hal ini mendorong agar perusahaan tersebut mengeluarkan biaya lebih untuk mencukupi kebutuhan energi listrik melalui penggunaan genset yang memiliki Bahan Bakar Minyak(BBM). Pengeluaran keuangan perusahaan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik dapat diminimalisir melalui pemanfaatan teknologi mikrohidro. Paper ini mencoba untuk memberikan cara pandangan baru dalam bentuk konsep yaitu dengan cara menghitung potensi jumlah air buangan tambang pada area IUP CnC serta jumlah potensi energi listrik yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

Penulisan karya tulis ini menggunakan metode literatur yang hanya menyajikan data dan mengolah data tersebut. Data yang diolah nantinya dilakukan analisis untuk menghasilkan suatu konsep. Urutan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengumpulan data sekunder sejumlah IUP yang sudah mengalami proses CnC
2. Pencarian informasi data air limpasan secara random pada beberapa lokasi tambang di Indonesia
3. Mengkaji hasil energi listrik yang telah dihasilkan oleh satu perusahaan yang telah menerapkan teknologi mikrohidro
4. Menghitung potensi minimal air limpasan di seluruh wilayah CnC dengan asumsi kasar hasil air limpasan diambil nilai rata-rata
5. Menghitung potensi minimal energi listrik di seluruh wilayah CnC

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Penulisan

Penulisan paper ini menggunakan metode studi literatur yang hanya menyajikan data dan mengolahnya. Data air limpasan diambil dari beberapa lokasi tambang di Indonesia secara acak. Berikut data 10 perusahaan di beberapa lokasi tambang yang dijadikan sebagai contoh acuan yang meliputi intensitas curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, koefisien limpasan, dan debit air limpasan:

a. PT Juya Aceh Mining

PT. Juya Aceh Mining terletak di Desa Ie Mierah, Kecamatan Babah Roat, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam. Komoditas yang ditambang ialah bijih besi yang dengan sistem tambang terbuka metode open pit. Wilayah ini memiliki intensitas hujan sebesar 38,51 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Debit Air Limpasan PT. Juya Aceh Mining (Maulana, 2018).

DTH (km^2)	C	Area	Q(m^3/s)
0,028	0,83	I	0,25
0,063	0,92	II	0,62

b. PT Stargate Pasific Resources

PT. Stargate Pasific Resources melakukan penambangan bijih nikel dengan sistem tambang terbuka dengan metode open pit. Lokasi tambang terletak di Desa Molore, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Sulawesi Tenggara. Intensitas hujan yang dimiliki wilayah tersebut adalah 34,10 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Debit air limpasan PT. Stargate Pasific Resources (Nugroho, 2018).

DTH (km^2)	C	Area	Q(m^3/s)
0,0784	0,592	I	0,44
0,051	0,682	II	0,33
0,0175	0,663	III	0,11

c. PT Turbaindo Coal Mining

PT Turbaindo Coal Mining terletak di Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur, kegiatan penambangan batubara menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *strip mine*. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Debit air limpasan PT Turbaindo Coal Mining (Damayanti, 2017).

DTH (km^2)	C	Area	$Q(m^3/s)$
0,26	0,617	I	2,18
0,16	0,616	II	1,34
0,02	0,736	III	0,20
0,19	0,81	IV	2,09

d. PT Cakrawala Semesta Perkasa

PT Cakrawala Semesta Perkasa melakukan penambangan batu andesit di wilayah Desa Pedagung, Kecamatan Randudongkal, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah dengan sistem tambang terbuka yang menggunakan metode kuari. Wilayah ini memiliki intensitas curah hujan adalah 50,53 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Debit air limpasan PT Cakrawala Semesta Perkasa (Wibawa, 2016).

DTH (km^2)	C	Area	$Q(m^3/s)$
0,021	0,52	I	0,153
0,018	0,450	II	0,114
0,025	0,449	III	0,158

e. CV Central Stone Perkasa

CV Central Stone Perkasa terletak di Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D. I. Yogyakarta dengan menambang batu andesit yang menggunakan sistem tambang terbuka metode kuari. Wilayah ini memiliki intensitas hujan yaitu 26,817 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Debit air limpasan CV Central Stone Perkasa (Ashsiddiqi, 2017).

DTH (km^2)	C	Area	$Q(m^3/s)$
0,02	0,89	I	0,134
0,05	0,89	II	0,335
0,06	0,59	III	0,268
0,08	0,6	IV	0,358

f. PT Kaltim Prima Coal

PT Kaltim Prima Coal menambang batubara menggunakan metode open pit yang terletak di Kecamatan Sanggata Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Kalimantan Timur. Intensitas hujan di wilayah ini adalah 30,43 mm/s. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Debit air limpasan PT Kaltim Prima Coal (Prathama, 2014).

DTH (km^2)	C	Area	Q(m^3/s)
0,28	0,596	I	1,4
0,26	0596	II	1,24
1,2	0,94	III	9,45
0,48	0,86	IV	3,45

g. CV Gunung Mulia

CV Gunung Mulia terletak di Kecamatan Bageleb, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Kegiatan penambangan menggunakan metode tambang terbuka dengan metode kuari untuk mengambil batu andesit. Intensitas curah hujan wilayah tersebut adalah 65,73 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Debit air limpasan CV Gunung Mulia (Setiawan, 2017).

DTH (km^2)	C	Area	Q(m^3/s)
0,004	0,328	I	0,024
0,015	0,62	II	0,171
0,015	0,63	III	0,174
0,0002	4,925	IV	0,018

h. PT Sugih Alamnugroho

PT. Sugih Alamnugroho terletak di Desa Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidu, Provinsi D.I. Yogyakarta. Kegiatan penambangan menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode kuari untuk pengambilan batu gamping. Intensitas curah hujan wilayah ini adalah 45,22 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Debit air limpasan PT Sugih Alamnugroho (Wijaya, 2018).

DTH (km^2)	C	Area	Q(m^3/s)
0,017	0,78	I	0,15
0,014	0,83	II	0,13
0,014	0,83	III	0,13
0,014	6,83	IV	0,13

i. PT Aneka Tambang

PT. Aneka Tambang menambang bijih nikel yang terletak di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan sistem tambang terbuka dengan metode open pit. Wilayah ini memiliki intensitas curah hujan sebesar 40,39 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Debit air limpasan PT Aneka Tambang (Jati, 2017).

DTH (km^2)	C	Area	Q (m^3/s)
0,01	0,74	I	0,13
0,020	0,75	II	0,19
0,082	0,737	III	0,76
0,066	0,735	IV	0,61
0,201	0,74	V	1,87
0,183	0,738	VI	1,7
0,016	0,745	VII	0,15
0,049	0,746	VIII	0,46
0,016	0,745	IX	0,15
0,047	0,744	X	0,44

j. PT. Megumy Inti Anugerah

PT. Megumy Inti Anugerah melakukan penambangan pada bahan galian batu bara dengan sistem tambang terbuka yang dilakukan dengan metode *strip mine*. Tambang ini terletak di Desa Pegatbukur, Kecamatan Sambalung, Kabupaten Berau, Kalimantan Utara. Di wilayah tersebut intensitas hujan yang turun sebesar 32,21 mm/jam. Jumlah debit air limpasan di lokasi tambang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Debit air limpasan PT. Megumy Inti Anugerah (Krisna, dkk., 2015)

DTH (km^2)	C	Area	Q (m^3/s)
0,22	0,82	I	1,61
0,53	0,90	II	4,3
0,08	0,92	III	0,66
0,34	0,79	IV	2,41

Sepuluh sampel data perusahaan yang memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP) dari sebagian kecil dari 8.588 perusahaan pertambangan di Indonesia, didapat diketahui nilai rata-rata debit air limpasan sebesar 1,54 m^3/s . Nilai tersebut merupakan nilai minimal mengingat setiap tambang memiliki luasan yang berbeda-beda. Dari nilai tersebut dapat dinilai bahwa debit air yang masuk dalam wilayah tambang memiliki potensi cukup besar. Air yang berjumlah besar ini harus dikelola dan dimanfaatkan dengan baik sehingga tidak menjadi hal yang merugikan.

3.2 Mikrohidro PT. Bukit Asam

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan (Dhamastuti, 1997). Pembangkit listrik ini memiliki konstruksi yang sederhana, pengoperasian, perawatan, dan penyediaan suku cadang yang bisa didapatkan dengan mudah. Tenaga air yang didapatkan dapat berasal dari air pada sistem irigasi, air terjun atau bendungan sungai. Pembangkit listrik ini menggunakan prinsip kerja dengan memanfaatkan debit air dan beda ketinggian. Aliran air yang memiliki energi potensial tersebut akan memutar poros turbin yang mengubah energi tersebut menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator.

Teknologi Mikrohidro yang diterapkan di PT. Bukit Asam memiliki sistematika aliran sebagai berikut:

1. Air yang berada di *sump* dialirkan menuju ke *settling pond* dengan sistem pemompaan.
2. Diujung pipa dari alat pompa yang berada diatas *settling pond* terdapat alat mikrohidro yang terampung diatas dua buah poton dan telah dilengkapi dengan generator.

Perhitungan sistem pada mikrohidro PT. Bukit Asam menggunakan persamaan potensi daya:

$$= 9.8 \times \times \times \eta \quad (1)$$

Keterangan:

P : Daya (kW)

Q : Debit aliran air (m³/s)

Hn : Beda ketinggian (m)

η : Efisiensi mesin

Sistem mikrohidro yang diterapkan di PT. Bukit Asam berjumlah lima buah, sehingga jumlah daya yang dihasilkan adalah 11,5 kW dengan nilai efisiensi mesin sebesar 50%, debit air yang dihasilkan pada pompa adalah sebesar 480 m³/s, dan beda ketinggian pipa dengan sistem adalah satu meter.

$$= 9.8 \times 480 \times 1 \times 0.5$$

$$= 2352$$

$$P = 2.3 \times 5 = 11.5 \text{ Kw}$$

3.3 Pentingnya Sistem Penirisan Tambang di Indonesia

Curah hujan yang cukup tinggi di Indonesia menyebabkan sistem penirisan tambang menjadi hal yang mendasar pada aktivitas penambangan. Hal ini karena potensi air masuk ke daerah tambang cukup besar sehingga air ini harus dikendalikan dengan baik dan benar. Jika tidak dikendalikan dengan baik dan benar, maka akan berdampak pada aktivitas penambangan, seperti terhambatnya aktivitas penanganan material dan longoran lereng *pit* yang dapat menimbulkan lumpur yang dapat mengganggu aktivitas pemompaan dan pemipaan, mengganggu aktivitas peledakan, penambahan alat yang bersifat tahan air untuk melindungi produk, dan penaikan air muka tanah. Hal-hal tersebut menjadikan efisiensi kerja karyawan berkurang dan penurunan target tahunan bisa saja terjadi.

Kegiatan penambangan di Indonesia cukuplah banyak. Sebanyak 6.390 perusahaan telah mengantongi izin IUP CnC dan 2.198 perusahaan belum memiliki izin CnC. Dengan adanya curah hujan yang bervariasi menyebabkan semua kegiatan tambang membutuhkan sistem penyaliran, baik metode tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Metode sistem penyaliran yang ada di tambang terbuka umumnya menggunakan metode *mine drainage* yaitu mencegah supaya air supaya tidak masuk ke dalam lokasi tambang dengan membuat saluran terbuka atau sumur bor perimeter. Selain itu, metode *mine dewatering* yaitu air yang sudah terlanjur masuk ke dalam tambang kemudian dikeluarkan. Cara yang dilakukan ialah dengan membuat saluran terbuka di dalam *pit*, *sump*, pemasangan pompa dan pipa.

3.4 Rancangan Aliran Air Buangan Tambang Dengan Teknologi Mikrohidro

Penerapan teknologi mikrohidro pada aliran air buangan tambang diperlukan adanya perekayasa rancangan aliran untuk menentukan model, komponen serta jumlah sistem mikrohidro ini. Komponen yang berpengaruh terhadap kerja mikrohidro ialah adanya perbedaan ketinggian yang memiliki debit aliran sehingga kincir pada mikrohidro dapat berputar lalu menggerakkan generator sehingga terbentuklah energi listrik. Mekanisme kinerja dari perancangan mikrohidro diuraikan sebagai berikut:

1. Air pada *sump* dipompa menuju Alat Mikrohidro A yang akumulasi airnya akan ditampung di *settling pond*.
2. Jadi Kecepatan Alat Mikrohidro A sama seperti kecepatan debit pompa.
3. Air yang berada di *settling pond* akan mengalami fase endapan yang kecepatannya mengalami penurunan akibat adanya kompartemen.
4. Setelah itu air akan menuju ke aliran permukaan.
5. Di sepanjang aliran permukaan akan dipasang alat mikrohidro sebanyak 3 buah yang berkode B, C, dan D

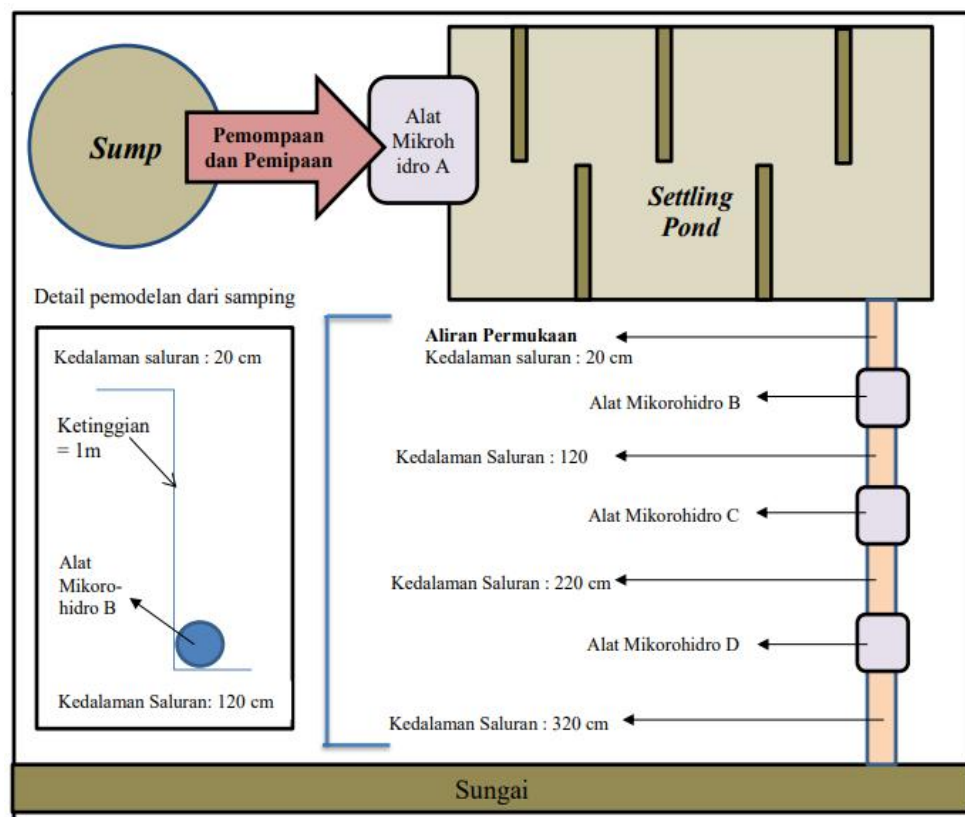
6. Setiap pemasangan alat mikrohidro yang terletak di aliran permukaan akan dibuat Gradien ketinggian sebesar 1 m.
7. Jadi kecepatan Alat Mikrohidro yang dipasang di sepanjang aliran permukaan memiliki debit hasil dari rekayasa ketinggian.
8. Jenis puritan dan Jumlah Alat Mikrohidro yang dipasang akan bergantung pada debit air, jumlah air, dan panjang aliran permukaan yang akan dibuat.

Ketentuan rancangan ialah sebagai berikut:

1. *Settling Pond* harus terletak pada elevasi tinggi di wilayah pertambangan.
2. Jumlah alat mikrohidro selain Alat Mikrohidro A dan pembagian kedalamannya tergantung dari perbedaan elevasi *settling pond* dengan elevasi sungai.

Sketsa rancangan dari permodelan ialah sebagai berikut:

Sketsa pada perancangan dilakukan agar energi yang dihasilkan optimal dan dapat memanfaatkan keseluruhan komponen dari



Gambar 1. Model perancangan aliran

Sistem, baik sistem penyaliran air maupun sistem mikrohidronya. Air yang telah sesuai dengan baku mutu kemudian dikeluarkan melewati komponen mikrohidro setelah dilakukannya pengendapan pada *settling pond* seperti pada Gambar 1

3.5 Potensi Listrik dari Air Buangan Tambang

Berdasarkan sepuluh sampel perusahaan yang diambil, setiap wilayah pertambang memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Mulai dari curah hujan, koefisien limpasan, dan luas areal pertambangan yang berakibat pada debit air limpasan yang masuk ke areal pertambangan. Jika diambil nilai debit air limpasan dari sepuluh sampel, maka diperoleh rata-rata debit air limpasan sebesar 1,54 m³/s. Nilai daya yang dihasilkan oleh suatu perusahaan tergantung dari air limpasan yang didapat, sedangkan air limpasan ini dipengaruhi oleh luas wilayah dan koefisien limpasan. Jika perhitungan potensi daya menggunakan pendekatan analisis (Zuhul, 1981) dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = 9.8 \times Q \times \rho \times H \times \eta_t \times \eta_g \quad (2)$$

Keterangan:

P : Daya (kW)

Q : Debit aliran air (m³/s)

ρ : massa jenis (kg/ m³)

H : Beda ketinggian (m)

η_t : Efisiensi turbin (80%-95%)

η_g : Efisiensi generator (80%-95%)

Berdasarkan persamaan tersebut, maka dapat diketahui bahwa setiap alat mikrohidro di rancangan akan menghasilkan potensi daya sebesar dengan efiseinsi turbin dan generator sebesar 80% :

$$P=9.8 \times 1.54 \times 1000 \times 1 \times 0.8 \times 0.8$$

$$P= 9658.88 \text{ Watt}$$

$$P=9.6 \text{ kW}$$

Jika dalam rancangan mikrohidro tersebut terdapat 4 sistem mikrohidro, maka potensi total yang dihasilkan adalah 38,63 kW.

$$P = 4 \times 9.6$$

$$P = 38.63 \text{ kW}$$

Nilai potensi yang sebesar itu dapat digunakan dalam mengurangi bahkan bisa saja mencukupi kebutuhan listrik di suatu perusahaan tambang. Indonesia memiliki 6390 perusahaan yang telah memiliki IUP CnC yang setiap perusahaan tersebut memiliki potensi air buangan tambang. Jika setiap perusahaan memiliki potensi daya sebesar 38,63 kW, maka total potensi daya atau penghematan listrik yang dapat dilakukan oleh PT. PLN adalah sebesar 246.880,9728 kW atau 246,8 MW. Angka tersebut merupakan angka minimal, mengingat sampel debit air limpasan yang didapat hanya 10 sampel dari 6.390. Nilai daya total tersebut dapat didistribusikan untuk kebutuhan listrik di Indonesia yang lainnya atau dapat digunakan dalam rangka pencapaian target rasio elektrifikasi tahun 2019.

4. KESIMPULAN

Indonesia memiliki 6390 perusahaan yang telah memiliki IUP CnC, setiap perusahaan tersebut berpotensi memiliki air buangan tambang dengan nilai rata-rata dari beberapa perusahaan sebesar 1,54 m³ /s (asumsi rata-rata dari sepuluh sampel). berdasarkan persamaan potensi daya listrik dengan pendekatan analisis, didapatkan potensi listrik sebesar 38.63 kW pada setiap perusahaan tambang. Jika dihitung nilai potensi daya yang dihasilkan di seluruh Indonesia, maka nilai total listrik yang dapat didistribusikan untuk kebutuhan listrik yang lainnya di Indonesia adalah sebesar 246,8 MW.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak. Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Peneliti banyak mendapatkan arahan, petunjuk, serta dorongan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashsiddiqi, M.H. 2017. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pada Penambangan Andesit Site Gunung Kukusan Di Cv. Central Stone Perkasa Kabupaten Kulon Progo D.I. Yogyakarta*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [2] Cahyadi, T.A. 2018. Pengembangan Model Optimasi Desain Lubang Penyaliran Horizontal Tambang Studi Kasus Tambang Terbuka Grasberg PT. Freeport Indonesia, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- [3] Damayanti, M. 2017. “*Kajian Teknis Saluran Terbuka, Sumuran Dan Pompa Pada Pit 6800 Blok 5 Tambang Batubara Pt. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [4] Devi S.J.B. 2017. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pada Tambang Batugamping Di Gunung Dengkeng Pt. Sugih Alamanugroho Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Maulana, A. 2018. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Pada Pit 4 Di Pt. Juya Aceh Mining Kabupaten Aceh Barat Daya Provinsi Aceh*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [6] Nugroho, G. 2018. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pada Penambangan Bijih Nikel Pit A7 Pt. Stargate Pasific Resources Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [7] Prathama, A.T. 2014. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pit K West Panel 3 Departement Hatari Pt. Kaltim Prima Coal*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [8] Setiawan, N.A. 2017. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Di Cv. Gunung Mulia Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo Jawa Tengah*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta
- [9] .Suhendra, K.Y. 2015. ” *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT. Megumy Inti Anugerah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Utara*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [10] Wibawa, W. 2016. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Final Pit Pada Penambangan Batu Andesit Site Simpur Di Pt. Cakrawala Semesta Perkasa Kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [11] Wijaya, A. 2018. “*Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Bijih Nikel Bukit Rubicon Pt. Aneka Tambang (Persero) Kolaka Sulawesi Tenggara*”. Other thesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [12] Damastuti, A.P. *Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, 1997.
- [13] Direktorat Jenderal Mineral dan Batu Bara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral “*Capaian Sektor Mineral dan Batu Bara Tahun 2017 dan Outlook 2018*”. 29 Oktober 2018. <http://www.minerba.esdm.go.id/public/4261c/Capaian-Tahun-2017-dan-Outlook-2018-Subsektor-Mineral-dan-Batubara/>.
- [14] Gautama, R.S. 1999. *Sistem Penyaliran Tambang*. Bahan Ajar. Bandung. Program S1 Teknik Pertambangan.
- [15] Suwandhi, A. 2004. “*Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*”. Bandung: Diklat Perencanaan Tambang Terbuka