

# **Pengaruh Crusher Terhadap Optimalisasi Biaya Item Beton Bertulang Di Proyek Bendungan Bulango Ulu Paket-II**

## **ABSTRAK**

Crusher sebagai salah satu penyedia material beton bertulang memengaruhi jadwal dan biaya pekerjaan tersebut. Adanya permasalahan pada crusher harus ditangani dengan tepat menggunakan metode analisis yang sesuai. Ishikawa diagram atau Fish-Bone Diagram menjadi pilihan dalam menganalisis dari berbagai sisi secara tersistem dan mendalam. Dengan diketahuinya faktor permasalahan, dapat dilakukan perbaikan sehingga biaya dan produktifitas dapat tercapai. Biaya yang terjadi untuk material akan langsung berpengaruh kepada biaya pekerjaan beton bertulang. Dalam artikel ini, akan dibahas mengenai pengaruh crusher terhadap optimalisasi biaya item beton bertulang di Proyek Bendungan Bulango Ulu Paket-II dan mengetahui permasalahan yang terjadi menggunakan ishikawa diagram.

**Kata kunci:** Beton Bertulang; Crusher; Ishikawa diagram; Biaya; Bulango Ulu

**Klasifikasi JEL:**[C2, L7]

## **PENDAHULUAN**

Dalam pelaksanaan suatu proyek, pengelolaan sumber daya menjadi salah satu fokus dalam manajemen proyek. Hal ini menjadi perlu karena pengelolaan sumber daya yang tepat mendorong tercapainya tujuan proyek dari sisi waktu, biaya, mutu dan cakupan. Sumber daya yang digunakan dalam proyek yaitu jumlah tenaga kerja, kemampuan SDM, faktor alam, penyediaan materi, kemampuan manajerial dan keterbatasan modal.

Dalam proyek Pembangunan Bendungan Bulango Ulu Paket-II (MYC) penggunaan sumber daya material terutama material alam dibutuhkan volume yang besar untuk memenuhi kebutuhan produksi. Pekerjaan pengecoran lining dari spillway membutuhkan suplai material alam secara berkelanjutan dengan jumlah besar. Salah satu usaha dalam memenuhi kebutuhan

material alam tersebut dengan pengoperasian alat crusher sebagai suplai material kerikil 1-2, 2-3, dan . Pada artikel ini, akan dibahas analisis produktifitas crusher dan permasalahannya.

## **LATAR BELAKANG**

### ***Crusher***

Crusher merupakan mesin yang dirancang untuk mengurangi besar batu ke batu yang lebih kecil seperti kerikil atau debu batu. Crusher dapat digunakan untuk mengurangi ukuran atau mengubah bentuk bahan tambang sehingga dapat diolah lebih lanjut. Crusher merupakan alat yang digunakan dalam proses crushing, Crushing merupakan proses yang bertujuan untuk meliberasi mineral yang diinginkan dari mineral pengotornya. Crushing biasanya dilakukan dengan proses kering, dan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu primary crushing, secondary crushing, dan fine crushing.

Primary crushing merupakan Merupakan peremukan tahap pertama, alat peremuk yang biasanya digunakan pada tahap ini adalah Jaw Crusher dan Gyratory Crusher. Umpan yang digunakan biasanya berasal dari hasil penambangan dengan ukuran berkisar 1500 mm, dengan ukuran setting antara 30 mm sampai 100 mm. Ukuran terbesar dari produk peremukan tahap pertama biasanya kurang dari 200 mm.

Secondary Cruher merupakan peremukan tahap kedua, alat peremuk yang digunakan adalah Jaw Crusher ukuran kecil, Gyratory Crusher ukuran kecil, Cone Crusher, Hammer Mill dan Rolls. Umpan yang digunakan berkisar 150 mm, dengan ukuran antara 12,5 mm sampai 25,4 mm. Produk terbesar yang dihasilkan adalah 75 mm.

Fine crushing merupakan peremukan tahap lanjut dari secondary crushing, alat yang digunakan adalah Rolls, Dry Ball Mills, Disc Mills dan Ring Mills. Umpan yang biasanya digunakan kurang dari 25,4 mm. untuk memperkecil material hasil penambangan yang umumnya masih berukuran bongkah digunakan alat peremuk. Material hasil dari peremukan kemudian dilakukan pengayakan atau screening yang akan menghasilkan dua macam produk yaitu produk yang lolos ayakan yang disebut undersize yang merupakan produk yang akan diolah lebih lanjut atau sebagai produk akhir, dan material yang tidak lolos ayakan yang disebut oversize yang merupakan produk yang harus dilakukan peremukan lagi.



0101/SPMK/Bws12/SNVT.PB/52/2019. Kontrak bendungan ini dimulai dari tanggal 04 Juli 2019 hingga 06 Januari 2025 (2014 Hari Kalender). Waktu pemeliharaan dari proyek ini adalah 360 Hari Kalender dengan nilai kontrak Rp 1.045.891.039.000,- dengan porsi PT Brantas Abipraya sebesar Rp 588.926.101.133,-.

Pekerjaan yang menjadi tanggungjawab PT Brantas Abipraya secara umum adalah Pekerjaan Persiapan yang termasuk di dalamnya pembuatan jalan akses, bangunan fasilitas kontraktor, utilitas (listrik, telpon, air, dll), serta pengadaan alat lab untuk pengetesan beton. Pekerjaan Clearing, grubbing, dan galian relokasi jalan yang didalamnya termasuk pekerjaan pengecoran, pekerjaan proteksi dan drainase, serta pegaman dan marka jalan. Pekerjaan lainnya yaitu galian shaft yang terdiri dari pekerjaan pemasangan steel support dan pekerjaan lining beton, Pekerjaan berikutnya yaitu galian inlet, outlet, dan tunnel yang terdiri dari pekerjaan pemasangan steel support, lining beton, drilling dan grouting, temporary coverdam, diafragma wall, pekerjaan hidromekanikal (pintu inlet & pipa conduit dan minihydro) seta pekerjaan empounding. Dan yang terakhir adalah pekerjaan galian spillway yang terdiri dari pekerjaan pemasangan steel support, pembetonan, serta drilling dan grouting.

Bangunan Pelimpah yang menjadi tanggungjawab PT Brantas Abipraya memiliki tipe pressure flow dengan terowongan tapal kuda berdiameter 7 m dengan debit inflow 472,4 m<sup>3</sup>/detik dan outflow 350,8 m<sup>3</sup>/detik. Bentuk dari saluran transisi adalah segi empat dengan saluran peluncur berbentuk lingkaran dengan dimater 8 m.

## **METODE**

Metode digunakan dalam artikel ini menggunakan Ishikawa Diagram/Fish-Bone/Cause and Effect Diagram. Hal ini dipilih karena dapat menggambarkan hubungan antara akibat (masalah) dan penyebab-penyebab potensialnya. Secara umum dalam studi-studi kasus yang ada, permasalahan dapat disebabkan oleh material, peralatan, metode kerja, operator, maupun lingkungan. Faktor-faktor/Dispersi yang menjadi kontributor dapat membantu kita dalam menentukan penyebab dan pengelompokan yang sama. Metode pembuatan diagram yang berbeda akan menghasilkan bentuk diagram yang unik, metode ini dapat diklasifikasikan dalam tiga tipe:

- Analisis dispersi,

- Klasifikasi proses produksi,
- Enumerasi Penyebab

Analisis Dispersi Motivasi dari tipe analisis ini merupakan pertanyaan “Kenapa faktor ini dapat terjadi?”. Perlu diingat bahwa setiap penyebab dapat diperbaiki. Kekuatan dari tipe analisis ini adalah karena melibatkan penguraian faktor maka dispersi akan tertata sesuai dengan pengelompokan. Kelemahan dari tipe ini adalah terkadang penyebab kecil lainnya tidak terakomodir

Klasifikasi proses produksi Dengan metode ini, garis utama diagram mengikuti proses produksi dan semua hal yang memengaruhi kualitas ditambahkan ke tahapan proses. Tipe ini juga bisa digunakan sebagai Assembly Line Diagram dengan ditambahkan penyebab. Dalam membuat diagram ini, tiap dispersi terjadi selama proses produksi, maka dari itu cari terlebih dahulu penyebab-penyebab dalam tiap tahapan. Dengan mengikuti tahapan pekerjaan, diagram jadi lebih mudah dibuat dan dipahami. Kelemahan yang sama muncul kembali dikarenakan kombinasi dari satu atau lebih faktor sulit untuk digambarkan. Namun diawal pembuatan, harus dilist semua penyebab yang dapat terpikirkan tanpa dibatasi oleh tipe penyebab atau urutan proses. Berfikirlah secara bebas karena penyebab atau solusi akan keluar dari metode pemikiran bebas ini. Kelebihan dari tipe ini adalah semua penyebab dapat tercatat dan oleh sebab itu tidak ada penyebab utama yang terlewatkan. Juga, dengan mempertinbangkan hubungan antara sebab dan akibat, diagram menjadi lebih sempurna. Kelemahannya adalah sulit dalam menghubungkan sebab dengan hasil oleh karena itu diagram ini lebih sulit digambar.

Enumerasi Penyebab Dalam tipe ini, semua kemungkinan penyebab dipaparkan dalam list. Dengan metode ini, semua penyebab dapat terakomodir dan semua penyebab harus dikelompokkan sesuai dengan hubungan sebab-akibat, lalu diagram dapat dibuat.

### ***Sampling***

Pengambilan sample menggunakan sampling non-probabilitas dengan metode purposive. Obyek penelitian ini adalah crusher pada Proyek Pembangunan Bendungan Bulango Ulu Paket-II. Kontribusi dari crusher dalam menentukan harga beton sebagai material yang memiliki variabilitas akibat jam penggunaan alat pendukung dan hasil material pada waktu operasional.

### *Pengumpulan Data*

Data didapatkan menggunakan metode pengumpulan data kualitatif dengan menggunakan interview dan observasi.

## **HASIL**

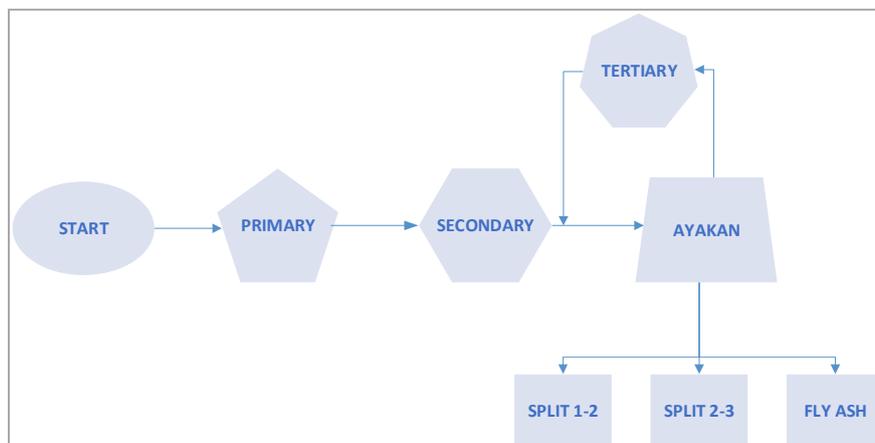
### *Crusher*

Berikut adalah part dari crusher yang dimiliki oleh Abipraya Peralatan di Bendungan Bulango Ulu



**Gambar 2. Primary, Secondary, Ayakan dan Tertiary Crusher**

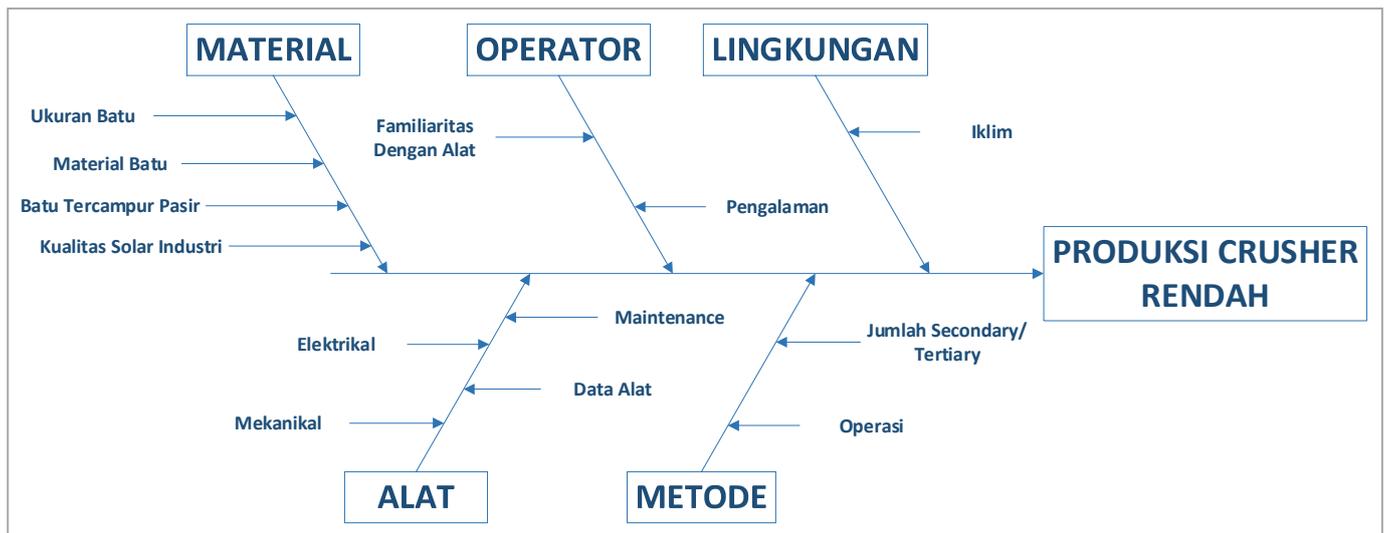
Dalam memproses material batuan menjadi split, proses dimulai menggunakan primary crusher tepat dibawah feed. Dilanjutkan dengan pemindahan menggunakan konveyor belt ke secondary crusher (a) untuk memecah sebagian besar batuan ke ukuran agregat 1-2 dan 2-3. Setelah secondary telah memecah agregat, pemisahan ukuran agregat dilanjutkan oleh pengayak/sieve (b) dengan hasil agregat 1-2, 2-3 dan byproduct yaitu abu batu/ fly-ash. Agregat yang ukurannya melebihi dari ukuran ayakan, kemudian dilanjutkan menjadi feed pada crusher tersier (c) yang hasilnya akan diayak kembali pada ayakan (b). Berikut adalah diagram alir dari pengolahan crusher.



**Gambar 3. Diagram Alir Crusher**

***Ishikawa Diagram***

Menggunakan Ishikawa Diagram dalam analisis penyebab produksi crusher yang rendah, digunakan tipe Dispersion Analysis dengan faktor utama yaitu Material, Alat, Operator, Metode, dan Lingkungan seperti pada diagram dibawah ini.



**Gambar 4. Ishikawa Diagram**

- Material

Dari sisi material, didapatkan faktor-faktor material batu sungai, batu tercampur pasir, kualitas solar industri, dan ukuran batu. Material batu sungai sebagai feed diambil dari arah hulu sungai mongilo tepatnya 4 Km dari lokasi, ukuran dari material ini tergolong sedang dengan ukuran 8-15 cm dan bentuk seperti pebble. Ukuran ini tidak menjadi masalah bagi primary dan secondary untuk melakukan pemecahan batu. Batu yang tercampur pasir sebagai kontaminan dalam feed dapat diatasi dengan menyiram air pada saat penuangan batu oleh eskavator. Penyiraman air ini dilakukan secara manual oleh operator yang berjaga di area feed pada saat crusher beroperasi. Efek dari pasir ini adalah membuat licin batu sehingga mempersulit pemecahan oleh primary dan secondary serta mengakibatkan hasil agregat menjadi tercemar sehingga campuran beton juga dapat terpengaruh. Kualitas solar industri yang menjadi bahan bakar dari dua diesel generator untuk crusher menjadi faktor lain. Dari hasil wawancara dengan operator crusher, kontaminasi solar industri untuk crusher jarang terjadi karena sering dilakukan pengecekan dan pengisian oleh logistik. Sehingga kontaminan yang ada dalam

tangki secara rutin dikeluarkan oleh operator yang melakukan maintenance rutin. Faktor ukuran batu secara umum berukuran 8-15cm dan berbentuk pebble, akan tetapi beberapa kali sering ditemukan batu boulder dengan diameter 75cm atau lebih. Ukuran boulder seperti itu tidak dapat dipecahkan oleh crusher dan dibutuhkan campurtangan dari operator excavator untuk memilah kembali batu-batu yang masuk ke crusher. Disini operator exca crusher melakukan pemilahan 2 kali, yang pertama dilakukan di stockpile sebelum dilakukan penuangan, dan setelah dilakukan penuangan di bak feed. Boulder yang ada di bak feed akan dikeluarkan dari bak setelah operasi crusher pada hari yang sama selesai dilakukan yaitu sore hari sebelum dilakukan pemindahan agregat hasil crushing ke stockyard sementara.

- Alat

Sebagai faktor-faktor utama diidentifikasi dari data alat, maintenance, elektrikal, dan mekanikal. Dari sisi data peralatan diketahui crusher ini mulai beroperasi dengan Abipraya alat dari tahun 2009 dan terakhir digunakan pada proyek bendungan tapin sebelum dipindah tugaskan di proyek bulango ulu ini. Faktor elektrikal ini yaitu sempat adanya kerusakan elektrikal yang membuat crusher tidak beroperasi selama 3 hari dari tanggal 28 november hingga 30 november 2023. Dilakukan analisis pada tanggal 28 november 2023 oleh operator crusher dibantu oleh tenaga harian serta mekanik, dilakukan perbaikan sampai dengan tanggal 30 November 2023 dan setelah itu dilakukan test run. Faktor mekanikal merupakan faktor yang terbanyak dari alat ini. Kerusakan Konveyor merupakan salah satu faktor yang menghambat dari produksi crusher. Kerusakan konveyor sudah lama diketahui, paling awal semenjak penulis berada di bulango ulu di akhir agustus. Konveyor yang sudah sobek di diperbaiki dengan material yang tersedia di lapangan oleh operator dan tenaga harian. Konveyor tersebut diperbaiki sementara selagi menunggu konveyor baru datang agar pengoperasian crusher tetap berjalan. Kerusakan ini mencapai puncaknya di tanggal 22 Oktober 2023, dimana konveyor putus dan tidak dapat diperbaiki lagi dan operasi crusher dihentikan. Tanggal 29 Oktober 2023, konveyor yang dipesan baru dapat diterima pada sore hari dan pemasangan dilanjutkan esok harinya. Pemasangan konveyor dapat diselesaikan tanggal 31 Oktober 2023 di sore hari dengan percobaan operasi tanpa beban dan dilakukan setting konveyor. Setting ini diperlukan agar konveyor tidak mengalami vibrasi dan kemiringan. Penggantian konveyor berkontribusi dalam produktivitas crusher dan konsistensi produksi crusher. Kerusakan terhadap bearing menjadi salah satu faktor dalam produksi crusher. Bearing konveyor mengalami kerusakan karena kerusakan konveyor yang membuat beban diatas konveyor mengalami ketidakseimbangan

sehingga keausan bearing terjadi tidak merata dimana sisi kanan lebih cepat aus. Perbaikan dari bearing ini dilakukan bersamaan dengan penggantian konveyor dikarenakan sparepart didatangkan bersamaan dengan konveyor. Pada tanggal 30 Oktober dilaksanakan penggantian bearing sebelum dilaksanakan penggantian konveyor. Dikarenakan pengiriman sparepart yang cukup lama, maka sparepart yang dipesan memiliki spare yang bisa dipakai kemudian hari mengingat ukuran bearing yang sama digunakan di batching plant. Faktor selanjutnya adalah keausan screen pada ayakan yang menjadi permasalahan kualitas agregat. Keausan screen ini mengakibatkan konsistensi agregat hasil crusher berkurang. Dalam hasil lapangan, agregat yang di cek oleh pihak lab bercampur dengan abu batu/ fly ash. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas beton jika tidak diiringi oleh perubahan mix design sesuai dengan kondisi dari agregat yang tercampur. Perbaikan dilaksanakan pada tanggal 28 Oktober 2023 pada saat crusher belum beroperasi menunggu sparepart konveyor dan bearing. Kemudian selanjutnya adalah kondisi genset low power yang berpengaruh kepada operasional crusher. Dalam wawancara dengan operator dan mekanik, diketahui bahwa salah satu genset mengalami kondisi low power yang berpengaruh terhadap salah satu jaw crusher pada unit sekunder tidak beroperasi. Dengan aktifnya jaw crusher yang lain, potensi hasil produksi harian dapat naik dari hasil wawancara dengan operator dari pengalaman operator menggunakan crusher di proyek lain.



**Gambar 5. Secondary Crusher**

Saat ini, sparepart untuk genset tersebut masih dalam pencarian ke produsen atau ATPM mengingat sparepart tersebut cukup sulit dicari dan jika stok ada maka baru dapat dikirimkan dari Jakarta, lokasi utama dari ATPM tersebut. Faktor selanjutnya yaitu Maintenance dengan tunggu sparepart yang menghambat dari perbaikan di lapangan. Menunggu sparepart seperti konveyor dapat menghabiskan waktu sekitar 1 minggu, hal ini dapat dipengaruhi dari

ketersediaan sparepart di kota besar terdekat seperti manado dan makassar yang jika dibutuhkan part yang spesifik maka ketersediaan tersebut bisa menjadi terbatas. Kemudian pengiriman dari sparepart dari rekanan bisa jadi lebih lambat apabila dikirim dari Jawa. Pengiriman ini sangat terpengaruh oleh berat dan dimensi dari sparepart dan jika sparepart termasuk besar, maka kemungkinan sparepart dikirim via jalur laut akan lebih besar. Pengiriman jalur laut pun akan bergantung pada rute kapal kargo yang akan mengutamakan bersandar di kota-kota besar terlebih dahulu. Dengan lokasi proyek di Gorontalo, maka rute kapal kargo akan melewati Makassar terlebih dahulu kemudian dilanjutkan ke Manado dan kemudian ke Gorontalo. Rute akan menjadi beragam setelah terjadi perpindahan moda, dengan bongkar muat di Manado maka akan menambah waktu pengiriman ke lokasi proyek 2 hingga 3 hari setelah dikirimkan dari pusat distribusi logistik. Faktor lain adalah maintenance yang bersifat kuratif sangat banyak dan hal ini berpotensi menyebabkan gangguan produksi lebih lanjut. Maintenance sendiri memiliki 3 tingkatan yaitu kuratif, terjadwal, dan prediktif. Maintenance kuratif memiliki sifat insidental dan karena tidak terjadwal, maka interupsi terhadap operasional akan lebih tinggi dan lebih lama dibandingkan dengan 2 jenis maintenance lainnya. Maintenance terjadwal memiliki interval waktu tetap dan interupsi yang lebih kecil. Jadwal dari maintenance ini bergantung dari pabrikan mesin yang telah menetapkan dari hasil riset dan umpan balik operasional dari peralatan dengan tipe yang sama atau serupa. Maintenance selanjutnya adalah maintenance prediktif, tipe maintenance ini tidak terikat oleh jadwal namun menggunakan monitoring aktif dengan bantuan sensor maupun pengukuran untuk mengetahui gejala sebelum kerusakan terjadi. Tujuan dari maintenance prediktif ini adalah untuk mengurangi jumlah maintenance dan mengurangi biaya perbaikan dari lifetime peralatan tersebut. Dengan menggunakan sistem maintenance prediktif, diharapkan dapat mengurangi biaya maintenance dan mengurangi interupsi dari operasional crusher sebelum terjadinya kerusakan.

- Operator

Pada faktor operator, pengalaman operator dari hasil wawancara dinilai tinggi dengan pertama kali bergabung dengan Abipraya Alat di tahun 2007 dan selalu mengoperasikan crusher sejak bergabung. Faktor familiaritas operator terhadap alat crusher ini juga termasuk tinggi. Di tahun 2009, pada saat alat ini baru masuk ke jajaran peralatan Abipraya Alat operator ini sempat handle crusher yang sama hingga 1 proyek telah selesai dilaksanakan. Menurut

wawancara, ini adalah kali kedua operator ini memegang crusher yang sama walau dengan kondisi yang lebih buruk.

- Metode

Faktor metode terdiri dari operasi dan jumlah tertiary/secondary. Dalam faktor operasi, dari hasil pengamatan penulis operator telah melaksanakan operasi sesuai dengan kapasitas mesin dan memaksimalkannya. Operator juga melakukan perbaikan-perbaikan dalam kapasitas kecil maupun besar. Maintenance rutin dilakukan seperti pembersihan screen, pembersihan fly ash yang menempel di alat, pengelasan bagian-bagian alat yang rusak, serta melakukan inspeksi rutin pada pagi hari sebelum melanjutkan operasi crusher. Kemudian faktor jumlah secondary dan tertiary, meskipun kita menambah jumlah secondary maupun tertiary dengan tujuan untuk menambah produktifitas alat namun ada efek samping yaitu bertambahnya jumlah fly ash yang dihasilkan sebagai byproduct dari pemecahan batu. Makin banyak repetisi pemecahan suatu batu, maka semakin banyak pula fly ash yang dihasilkan.

- Lingkungan

Dan faktor yang terakhir adalah lingkungan yaitu iklim dimana alat dioperasikan. Di bulan Oktober, Gorontalo mulai masuk musim penghujan dimana hujan mulai turun di siang hingga sore hari. Ini akan memengaruhi proses crushing dimana akan menghasilkan agregat yang bersih namun pecahan agregat akan banyak menempel di jaw crusher, konveyor dan ayakan karena masih menempelnya fly ash.

Dengan menggunakan data produksi crusher setelah dilakukan perbaikan konveyor, maka rata-rata produksi pada bulan itu dapat digunakan sebagai rata-rata produksi crusher.

No.	Tanggal	Uraian	Sat.	Volume	Ket.
1	01 November 2023	Split 1-2	M3	3,1	Trial Konveyor
2	02 November 2023	Split 1-2	M3	59	
3	03 November 2023	Split 1-2	M3	41,5	
4	04 November 2023	Split 1-2	M3	15,5	
5	05 November 2023	Split 1-2	M3	55,6	
6	06 November 2023	Split 1-2	M3	34,3	
7	07 November 2023	Split 1-2	M3	48	
8	08 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
9	09 November 2023	Split 1-2	M3	15	Ujicoba Crusher 2 Jam
10	10 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
11	11 November 2023	Split 1-2	M3	79,7985	
12	12 November 2023	Split 1-2	M3	24,633	
13	13 November 2023	Split 1-2	M3	32,844	

14	14 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
15	15 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
16	16 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
17	17 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
18	18 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
19	19 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Jaw Crusher
20	20 November 2023	Split 1-2	M3	43,125	
21	21 November 2023	Split 1-2	M3	41,1585	
22	22 November 2023	Split 1-2	M3	0	Perbaikan Bearing
23	23 November 2023	Split 1-2	M3	14,1795	
24	24 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
25	25 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
26	26 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
27	27 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
28	28 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
29	29 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak
30	30 November 2023	Split 1-2	M3	0	Electrical Rusak

**Tabel 1. Produktivitas Crusher Harian**

Maka dapat diketahui bahwa rata-rata produksi dari crusher per harinya adalah 38,8 m<sup>3</sup>/hari.

Dalam perbandingan ini, akan digunakan contoh pengecoran upper/crown pada blok 31-50.

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	NOVEMBER														BULAN	
				26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
11.1	Beton K-300 (Lining concrete)	m3	Kontrak	5.761,37	186,29		168,05		158,7		236,27		251,29		244,55		204,76		
			Realisasi	2.818,97	37		38		39		40		41		42		43		
			Sisa	2.942,40															

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	BULAN DESEMBER																	
				10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
11.1	Beton K-300 (Lining concrete)	m3	Kontrak	5.761,37	227,85		211,95		185,48		202,47		210,05		211,32		243,37				
			Realisasi	2.818,97	44		45		46		47		48		49		50				
			Sisa	2.942,40																	

**Tabel 2. Action Plan Terowong**

Pada action plan diatas, direncanakan pengecoran upper dilaksanakan setiap 2 hari sekali dan dengan diketahui rata-rata produksi crusher per hari, maka dapat dihitung waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pengecoran upper. Di bawah ini akan dijelaskan untuk kebutuhan material split 1-2 untuk satu blok upper sesuai dengan job mix formula untuk proyek bulango ulu.

No	Uraian Pekerjaan	Satuan		Volume	
					26
11.1	Beton K-300 (Lining concrete	m3	Kontrak	5.761,37	186,29
			Realisasi	2.818,97	37
			Sisa	2.942,40	
			<b>Material</b>		
			Semen Type 1	kg 500,0000	93.145,00
			Split 1-2	m3 0,7080	131,89
			Pasir Pasang	m3 0,5087	94,77
			Admixture Beton	kg 0,8800	163,94

**Tabel 3. Kebutuhan Material 1 Blok Upper**

Dengan kebutuhan split untuk upper di 131,89 m<sup>3</sup> maka pengecoran membutuhkan waktu

$$Waktu\ Cor = \frac{Kebutuhan\ Split}{Produksi\ Crusher\ per\ Hari}$$

$$Waktu\ Cor = \frac{131,89\ m^3}{38,8\ m^3/Hari} = 3,4\ Hari$$

Maka dibutuhkan produksi selama 3,4 hari untuk crusher sembari mempersiapkan pengecoran.

Biaya untuk produksi pasir selama 3,4 hari adalah sebagai berikut:

	Sat	Jumlah
Jumlah DT	Unit	6
Pompa	Unit	3
Crusher	Jam	23,8
Jam Exca Plan	Jam	23,8
Jam Exca Quarry	Jam	27,2
Ritasi Pasir	Rit	68
Ritase Batu	Rit	28
Total Ritasi	Rit	96

**Tabel 4. Jam Operasi dan Ritase Eksisting**

Dalam perhitungan ini, jam crusher dan exca telah dikalikan dengan 3,4 hari serta ritase pasir serta dihitung juga jam dari quarry sumber batu dan pasir. Berikut adalah perhitungan dari biaya produksi split 1-2.

No.	Uraian	Sat	Volume	Harga	Jumlah Harga	Involve	Catt
1	Crusher	Jam	23,80	575.000,00	13.685.000,00		
2	BBM Crusher	Liter	392,70	17.255,00	6.776.038,50		
3	Exca Plan	Jam	23,80	300.000,00	7.140.000,00		
4	Dump Truck	Unit	20,40	853.040,00	5.075.588,00	29%	Sesuai Jumlah DT beroperasi
5	BBM DT	Liter	571,20	17.255,00	2.874.683,00	29%	Sesuai dengan Pengeluaran Logistik
6	BBM Exca Plan	Liter	380,80	17.255,00	6.570.704,00		Sesuai dengan Pengeluaran Logistik
7	Exca Quari	Jam	27,20	300.000,00	2.380.000,00	29%	Sesuai Jam Operasi Alat
8	BBM Exca Quarry	Liter	489,60	17.255,00	2.464.014,00	29%	Sesuai Jam Operasi Alat
9	Upah	Hari	1,00	400.000,00	400.000,00		
<b>Total</b>					<b>47.366.027,50</b>		
				Produksi Crusher	131,92	m3	
				Harga Split 1-2	359.051,15	Rp/m3	

Vs Pendapatan	151.318.433,09
Vs RBP	6.928.639,35

**Tabel 5. Analisis Biaya Split Eksisting**

Persentase involve merupakan hasil perbandingan dari ritase batu dan ritase pasir sehingga biaya tersebut dapat dipisah dari hasil quarry pasir dan batu. Dari tabel diatas, ditemukan bahwa harga split 1-2 senilai Rp. 359.051,15 per m<sup>3</sup>. Berikut adalah analisis biaya dari pengecoran upper

No	Pendapatan				RBP						
	Uraian	Sat	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga	No	Uraian	Sat	Kuantitas	Harga	Jumlah
A	<b>TENAGA</b>				<b>107.082.374,66</b>	A	<b>TENAGA</b>				<b>42.904.886,54</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	4.705,00	33.974.334,50	1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	3.500,00	25.273.150,00
3	Bekisting Expose	m2	119,32	62.489,00	7.456.187,48	3	Bekisting Expose	m2	119,32	20.095,85	2.397.836,54
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	62.489,00	1.194.789,68	4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	60.000,00	1.147.200,00
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	10.285,00	214.956,50	2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	5.500,00	114.950,00
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	344.850,00	64.242.106,50	5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	75.000,00	13.971.750,00
B	<b>MATERIAL</b>				<b>398.663.703,65</b>	B	<b>MATERIAL</b>				<b>334.804.097,43</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	19.012,00	137.283.750,80	1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	14.860,30	107.304.758,39
3	Bekisting Expose	m2	119,32	260.287,00	31.057.444,84	3	Bekisting Expose	m2	119,32	278.471,03	33.227.163,46
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	94.179,00	1.800.702,48	4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	70.822,69	1.354.129,74
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	144.952,00	3.029.496,80	2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	170.735,53	3.568.372,50
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	1.210.437,00	225.492.308,73	5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	1.016.424,25	189.349.673,34
C	<b>ALAT</b>				<b>45.536.278,78</b>	C	<b>ALAT</b>				<b>29.183.579,38</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	1.610,00	11.625.649,00	1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	217,33	1.569.310,60
3	Bekisting Expose	m2	119,32	14.968,00	1.785.981,76	3	Bekisting Expose	m2	119,32	-	-
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	14.968,00	286.188,16	4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	4.985,53	95.323,43
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	660,00	13.794,00	2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	1.000,00	20.900,00
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	170.834,00	31.824.665,86	5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	147.608,81	27.498.045,36
<b>TOTAL</b>					<b>551.282.357,09</b>	<b>TOTAL</b>					<b>406.892.563,35</b>

No	Uraian	Sat	RBP			No	Uraian	Sat	Realisasi		
			Kuantitas	Harga	Jumlah				Kuantitas	Harga	Jumlah
A	<b>TENAGA</b>				<b>42.904.886,54</b>	A	<b>TENAGA</b>				<b>31.593.547,00</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	3.500,00	25.273.150,00	1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	2.191,52	15.824.711,00
3	Bekisting Expose	m2	119,32	20.095,85	2.397.836,54	3	Bekisting Expose	m2	119,32	20.095,85	2.397.836,00
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	60.000,00	1.147.200,00	4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	60.000,00	1.147.200,00
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	5.500,00	114.950,00	2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	5.500,00	114.950,00
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	75.000,00	13.971.750,00	5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	65.000,00	12.108.850,00
B	<b>MATERIAL</b>				<b>334.804.097,43</b>	B	<b>MATERIAL</b>				<b>292.768.498,00</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	14.860,30	107.304.758,39	1	Besi Ulir	kg	7.220,90	9.900,00	71.486.910,00
3	Bekisting Expose	m2	119,32	278.471,03	33.227.163,46	3	Bekisting Expose	m2	119,32	-	-
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	70.822,69	1.354.129,74	4	Bekisting Non-Expose	m2	19,12	30.556,00	584.230,00
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	170.735,53	3.568.372,50	2	Waterstop	m	20,90	190.000,00	3.971.000,00
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	1.016.424,25	189.349.673,34	5	Pasir	m3	94,77	155.000,00	14.689.914,00
							Split 1-2	m3	131,89	359.051,15	47.356.448,00
							Semen	kg	93.145,00	1.576,58	146.850.544,00
							Sikamen LN	kg	20.625,00	-	-
							Sika Viscocrete	kg	163,94	47.759,43	7.829.452,00
C	<b>ALAT</b>				<b>29.183.579,38</b>	C	<b>ALAT</b>				<b>75.601.879,00</b>
1	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	217,33	1.569.310,60	1	Agitator Truck	Jam	36,00	187.500,00	6.750.000,00
3	Bekisting Expose	m2	119,32	-	-	3	Concrete Pump	Jam	10,00	302.084,00	3.020.840,00
4	Bekisting Non Expose	m2	19,12	4.985,53	95.323,43	4	Vibrator	Jam	-	12.125.000,00	-
2	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	1.000,00	20.900,00	2	Sliding Form	Jam	-	1.265.100.000,00	-
5	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	147.608,81	27.498.045,36	5	Blower	Jam	-	38.550.000,00	-
							Genset	Jam	16,00	110.000,00	1.760.000,00
							Batching Plant	Jam	10,00	170.000,00	1.700.000,00
							UHO				
							<b>Waktu Kerja Normal</b>				
							Agitator Truck	Jam	14,40	9.375,00	135.000,00
							Concrete Pump	Jam	8,00	33.333,00	266.664,00
							<b>Lembur</b>				
							Agitator Truck	jam	16,00	25.000,00	400.000,00
							Concrete Pump	jam	-	25.000,00	-
							Lain-lain				
							Solar	ltr	3.518,25	17.500,00	61.569.375,00
<b>TOTAL</b>					<b>406.892.563,35</b>	<b>TOTAL</b>					<b>399.963.924,00</b>

**Tabel 6. Evaluasi Biaya Pekerjaan Eksisting**

Setelah memasukkan harga split 1-2 hasil produksi crusher ke dalam analisis harga, maka didapatkan total biaya material yaitu Rp.292.768.498,00 dengan penghematan total dari RBP

Rp.6.928.639,35. Terjadi penghematan dari RBP pada harga pemasangan tulangan beton ulir dan material beton ulir. Biaya alat yang besar diakibatkan oleh waktu pengecoran yang panjang yaitu 10 Jam sehingga waktu penggunaan alat yang ikut menjadi lebih lama ditambah dengan waktu lembur operator. Kebutuhan solar untuk alat juga meningkat dikarenakan oleh durasi pengecoran.

Kondisi ideal dalam konteks ini adalah jika produksi split 1-2 dapat memenuhi action plan pengecoran yaitu tiap 2 hari sekali. Maka produksi dari crusher per harinya adalah:

$$\text{Produksi Crusher} = \frac{\text{Volume Pengecoran}}{\text{Hari Cor}} = \frac{131,89 \text{ m}^3}{2 \text{ Hari}} = 65,95 \text{ m}^3$$

Berikut adalah perhitungan biaya split 1-2:

	Sat	Jumlah
Jumlah DT	Unit	6
Pompa	Unit	3
Crusher	Jam	14
Jam Exca Plan	Jam	14
Jam Exca Quarry	Jam	16
Ritasi Pasir	Rit	40
Ritase Batu	Rit	16
Total Ritasi	Rit	56

**Tabel 7. Jam Operasi dan Ritase Action Plan**

No.	Uraian	Sat	Volume	Harga	Jumlah Harga	Involve	Catt
1	Crusher	Jam	14,00	575.000,00	8.050.000,00		
2	BBM Crusher	Liter	231,00	17.255,00	3.985.905,00		
3	Exca Plan	Jam	14,00	300.000,00	4.200.000,00		
4	Dump Truck	Unit	12,00	853.040,00	2.924.708,57	29%	Sesuai Jumlah DT beroperasi
5	BBM DT	Liter	336,00	17.255,00	1.656.480,00	29%	Sesuai dengan Pengeluaran Logistik
6	BBM Exca Plan	Liter	224,00	17.255,00	3.865.120,00		Sesuai dengan Pengeluaran Logistik
7	Exca Quari	Jam	16,00	300.000,00	1.371.428,57	29%	Sesuai Jam Operasi Alat
8	BBM Exca Quarry	Liter	288,00	17.255,00	1.419.840,00	29%	Sesuai Jam Operasi Alat
9	Upah	Hari	1,00	400.000,00	400.000,00		
<b>Total</b>					<b>27.873.482,14</b>		
				Produksi Crusher	131,89	m3	
				Harga Split 1-2	211.338,86	Rp/m3	

**Tabel 8. Analisis Biaya Split Action Plan**

Didapatkan biaya split 1-2 di Rp.211.338,86 terjadi efisiensi sebesar 41,14%. Berikut adalah biaya pengecoran upper tunnel.

Realisasi					
No	Uraian	Sat	Realisasi		
			Kuantitas	Harga	Jumlah
A	<b>TENAGA</b>				<b>31.593.547,00</b>
	Tulangan Beton Ulir	kg	7.220,90	2.191,52	15.824.711,00
	Bekisting Expose	m2	119,32	20.095,85	2.397.836,00
	Bekisting Non Expose	m2	19,12	60.000,00	1.147.200,00
	PVC waterstop, ukuran lebar 320 mm	m	20,90	5.500,00	114.950,00
	Beton K-300 (Tunnel)	m3	186,29	65.000,00	12.108.850,00
B	<b>MATERIAL</b>				<b>273.286.233,00</b>
	Besi Ulir	kg	7.220,90	9.900,00	71.486.910,00
	Bekisting Expose	m2	119,32	-	-
	Bekisting Non-Expose	m2	19,12	30.556,00	584.230,00
	Waterstop	m	20,90	190.000,00	3.971.000,00
	Pasir	m3	94,77	155.000,00	14.689.914,00
	Split 1-2	m3	131,89	211.338,86	27.874.183,00
	Semen	kg	93.145,00	1.576,58	146.850.544,00
	Sikamen LN	kg		20.625,00	-
	Sika Viscocrete	kg	163,94	47.759,43	7.829.452,00
C	<b>ALAT</b>				<b>75.601.879,00</b>
	Agitator Truck	Jam	36,00	187.500,00	6.750.000,00
	Concrete Pump	Jam	10,00	302.084,00	3.020.840,00
	Vibrator	Jam	-	12.125.000,00	-
	Sliding Form	Jam	-	1.265.100.000,00	-
	Blower	Jam	-	38.550.000,00	-
	Genset	Jam	16,00	110.000,00	1.760.000,00
	Batching Plant	Jam	10,00	170.000,00	1.700.000,00
	<b>UHO</b>				
	<b>Waktu Kerja Normal</b>				
	Agitator Truck	Jam	14,40	9.375,00	135.000,00
	Concrete Pump	Jam	8,00	33.333,00	266.664,00
	<b>Lembur</b>				
	Agitator Truck	jam	16,00	25.000,00	400.000,00
	Concrete Pump	jam	-	25.000,00	-
	<i>Lain-lain</i>				
	Solar	ltr	3.518,25	17.500,00	61.569.375,00
	<b>TOTAL</b>				<b>380.481.659,00</b>
	<b>DC</b>				<b>69,02%</b>

Vs Pendapatan	170.800.698,09
Vs RBP	26.410.904,35

**Tabel 9. Evaluasi Biaya Pekerjaan Action Plan**

Terdapat efisiensi sebesar 4,87% atau Rp.19.482.265,00 dari peningkatan produktifitas crusher.

## **DISKUSI**

Dalam menentukan pengaruh biaya material split 1-2 terhadap produktivitas crusher, disajikan faktor-faktor yang menyebabkan crusher memiliki produktivitas rendah dan mengetahui faktor dominan yang dapat menjadi perbaikan untuk crusher kedepannya. Dengan diketahuinya produktivitas crusher saat ini, dapat kita lihat pengaruh ke biaya material pada pekerjaan beton bertulang. Hasil dari analisis menggunakan ishikawa diagram yaitu mendapatkan faktor-faktor utama sebagai perbaikan yang penting dilakukan untuk mencapai produktivitas crusher, antara lain:

- Mengetahui tanda-tanda kerusakan konveyor belt dan melakukan perbaikan segera sangat direkomendasikan. Kerusakan konveyor belt dapat berpengaruh langsung terhadap keausan bearing yang tepat dibawahnya.
- Perbaikan terhadap genset yang terindikasi low power dapat dilakukan dengan segera karena berimbas terhadap operasional breaker jaw pada crusher. Berkurangnya breaker jaw pada secondary berakibat langsung terhadap kapasitas pemecahan split.
- Imbas dari tunggu sparepart berakibat hilangnya jam operasional dari crusher, mengakibatkan stok material split menipis sehingga dapat mengganggu jadwal pengecoran
- Maintenance bersifat kuratif akan banyak mengganggu operasional crusher karena akan terjadi perbaikan di jam operasi. Menggunakan metode maintenance prediktif dengan tambahan pengecekan rutin dari voltase, arus, suara dari peralatan membantu identifikasi awal kerusakan dan dapat lebih awal dipesan sparepart terkait dan jadwal perbaikan di luar jam operasi crusher.

Dengan potensi efisiensi biaya dari material beton bertulang, memaksimalkan produktifitas crusher menjadi hal yang penting mengingat keterbatasan penghematan pada peralatan yang bergantung dengan produktifitas batching plant dimana hal tersebut tidak dibahas dalam artikel ini. Dengan minimum produksi 65,95 m<sup>3</sup> agregat split 1-2, maka dapat tercapai rencana pengecoran setiap 2 hari sekali. Hal ini secara langsung mengurangi biaya material split 1-2 dari Rp. 359.051,15 menjadi Rp.211.338,86 atau terjadi efisiensi sebesar 41,14%.

Sebagai catatan untuk sisi manajerial yaitu mengutamakan komunikasi kebutuhan lapangan agar dapat di lakukan purchase order secepatnya sehingga meminimalisir gangguan operasional. Dari hasil operasi selama bulan november, hanya ada 13 hari efektif operasional mengingat selama 17 hari lainnya alat dan operator menunggu sparepart dan perbaikan.

## **KESIMPULAN**

Pada Artikel ini, dapat diketahui melalui ishikawa diagram faktor alat sangat memengaruhi dari produktivitas crusher. Konveyor belt yang berpengaruh terhadap bearing di bawahnya, item perbaikan diesel generator yang berkaitan dengan jaw crusher sekunder berpotensi mengurangi kapasitas crusher per jam nya, item maintenance yang menunggu pengiriman sparepart, serta

memperkuat predictive maintenance dalam mengurangi dampak perbaikan pada waktu produksi efektif. Di sisi biaya material, dengan target produksi split 1-2 sebesar 65,95m<sup>3</sup> per hari maka didapatkan efisiensi biaya sebesar Rp.147.712,29 atau 41,14% dengan efisiensi item pekerjaan beton bertulang sebesar 4,87%.

## **KETERBATASAN**

Dalam penulisan artikel ini, penulis tidak memungkiri bahwa terdapat keterbatasan mengingat besarnya dampak material terhadap item pekerjaan beton bertulang. Item pekerjaan lain seperti escape channel, wing wall, kolam olak menggunakan mutu beton yang berbeda (K-300 dengan K-225). Dengan mutu yang berbeda ini maka digunakan Job Mix Formula yang berbeda dengan material yang berbeda Dimana juga menggunakan split 2-3 yang menjadi salah satu hasil dari crusher. Hasil crusher lain yaitu fly ash tidak menjadi perhitungan produktivitas crusher, karena tidak digunakan di JMF proyek ini dan potensi penjualan ke pihak luar saat penulisan artikel ini masih sedikit. Dengan rencana pengecoran yang berbeda, diperlukan produktivitas crusher yang berbeda sehingga biaya dari material akan berbeda. Keterbatasan bahasan ini, yaitu hanya di lingkungan Bulango Ulu dan pengecoran beton bertulang dengan lokasi terowong inilah yang membuka kemungkinan pengembangan hasil dari artikel ini lebih luas. Dapat dipastikan penelitian Anda akan mempunyai beberapa keterbatasan dan hal tersebut merupakan hal yang wajar. Namun, sangat penting bagi Anda untuk berusaha meminimalkan rentang keterbatasan selama proses penelitian. Selain itu, Anda perlu memberikan pengakuan atas keterbatasan penelitian Anda di bab kesimpulan dengan jujur.

## **REFERENSI**

Ishikawa, Kaoru. 1976. Guide to Quality Control. Imprint : 18-24

Putra, Rasi Roro. 2015. Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Batuan Lapisan Penutup Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan PT Buma. Universitas Negeri Padang : 1-12