

KAJI ANALISIS PENGUKURAN KEAUSAN BUCKET TEETH MENGGUNAKAN OPERASI BOOLEAN 3D CAD MODEL

**Kurniawan¹, Suratman, R², Satryo Soemantri B³,
Bagus Budiwanto⁴, I Wayan Suweca⁵**

Teknik Mesin, FTMD, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha No. 10 – Dago, Bandung - 40132
Phone/Fax : 022. 250 0935

¹ kurniawan@polman-bandung.ac.id, ³ rochim@material.itb.ac.id, ² satrio1@indo.net.id,
³ budiwan@edc.ms.itb.ac.id, ⁴ csuweca@edc.ms.itb.ac.id

Abstrak

Penggunaan teknologi BWD pada pengerukan bahan tambang dasar laut, memerlukan pemantauan ketahanan aus gigi keruk *flared chissel bucket teeth* (FCBT). Pemantauan tsb dilakukan bermuara pada pengendalian nilai ekonomi operasi eksplorasi. Pengukuran laju keausan FCBT di lapangan juga dimaksudkan untuk menilai kinerja produk FCBT yang disuplai pemasok saat ini. Cara pengukuran keausan saat ini masih memiliki perbedaan hasil dengan data penggantian FCBT di lapangan. Selain itu FCBT saat ini disimpulkan memiliki ketahanan aus yang sangat rendah. Untuk itu perlu upaya cara pengukuran dengan metode lain yang memberikan hasil yang dapat diterima dan memiliki korelasi antara hasil pengukuran dengan data penggantian FCBT di lapangan.

Pada paper ini dibahas metode pengukuran keausan gigi keruk FCBT pada kegiatan penambangan pasir nikel di bawah permukaan laut menerapkan operasi pengurangan (substraction) boolean volume model 3D CAD. Pengukuran dilakukan secara periodik dengan melakukan operasi pengurangan boolean model 3D CAD minuhend dan model 3D CAD subtrahend pada tiap proses pengukuran.

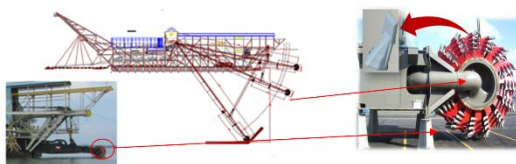
Metode ini menggabungkan pengukuran berdasarkan gambar pola keausan yang diambil secara manual, konversi citra manual menjadi fungsi grafik, penentuan nilai tengah fungsi sebagai penentuan tingkat keausan rata-rata, kompilasi keausan melalui pemodelan 3D dan penentuan tingkat keausan. Pengukuran dilakukan sesuai selang waktu operasi penggalian sehingga di dapatkan laju keausan gigi keruk FCBT.

Metode pengukuran ini dapat menghasilkan koreksi pengukuran tingkat keausan FCBT dari yang semula diklaim tingkat keausan ada pada 1026 mg/min terkoreksi menjadi 150 mg/min. Terkoreksinya data laju keausan sangat penting dalam menentukan langkah selanjutnya upaya penelitian dalam proses pengembangan komponen FCBT yang digunakan pada teknologi Bucket Wheel Dredge (BWD).

Kata kunci: *model CAD 3D, alat pindai citra 3D, operasi boolean CAD, gigi keruk, keausan*

1. Pendahuluan

Penggunaan teknologi BWD dilakukan untuk pengerukan pasir dasar laut yang mengandung mineral bahan tambang. Penggunaan BWD perlu dipantau laju keausan gigi keruk FCBT agar maksud ekplorasi dapat memenuhi fungsi ekonominya.



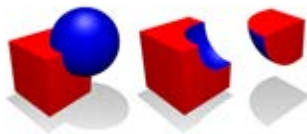
Gbr. 1 Kapal Keruk Kundur dengan sistem Bucket Wheel dredge (BWD)

Keausan gigi keruk memiliki karakteristik yang sangat dipengaruhi oleh setiap lingkungan pengerukan. Untuk itu tuntutan ketahanan aus gigi keruk bagi penyedia komponen dan pengguna perlu dilakukan upaya standardisasi, sehingga efisiensi ekplorasi memiliki acuan yang jelas.

Dewasa ini belum ada metoda standar untuk mengukur laju keausan gigi keruk FCBT pada penggunaan teknologi BWD. Pengukuran laju keausan selama ini dilakukan dengan cara pengukuran mistar baja pada tinggi maksimum gigi keruk. Upaya penelitian sebelumnya menggunakan cara pengukuran dengan mistar baja memberikan hasil pengukuran keausan yang sangat tidak akurat, karena pengukuran

tidak memperhatikan jejak keausan yang memiliki kontur keausan yang berbeda-beda. Metode pengukuran dilapangan sangat diperlukan untuk menilai pemenuhan tuntutan ketahanan aus oleh penyedia gigi keruk FCBT.

Paper ini membahas upaya yang dilakukan untuk mendapatkan metode pengukuran laju keausan gigi keruk FCBT yang lebih teliti menggunakan teknik boolean solid CAD.



Gbr. 2 Operasi dasar boolean solid model: penjumlahan (union), pengurangan (substraction), irisan(intersection)

Dasar operasi boolean pada solid model adalah operasi geometri solid biner dapat berupa penggabungan antara dua obyek solid, pengurangan dua obyek atau irisan dua obyek.

Notasi umum operasi pengurangan boolean dinyatakan dengan :

$$\begin{array}{ccccc}
 A & - & B & = & C \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{Minuhend} & & \text{Subtrahend} & & \text{Hasil}
 \end{array}$$

Gbr. 3 Notasi umum Operasi dasar boolean solid model: pengurangan (substraction)

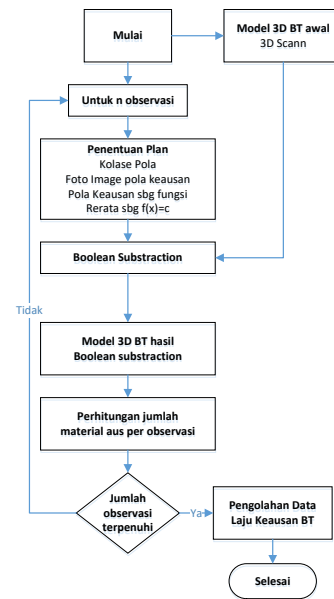
2. Metodologi

Metode pengukuran gigi keruk FCBT disusun berdasarkan metodologi pengukuran dengan diagram alir yang dapat dilihat di gbr 5. bawah ini.

Pada setiap pengukuran keausan FCBT ini diterapkan substraksi aljabar boolean volume model 3D awal (*minuhend*) dengan model pengurang (*subtrahend*). Perubahan volume yang berkurang selanjutnya dikonversi menjadi perubahan masa yang hilang.



Gbr. 4 Model 3D scan FCBT



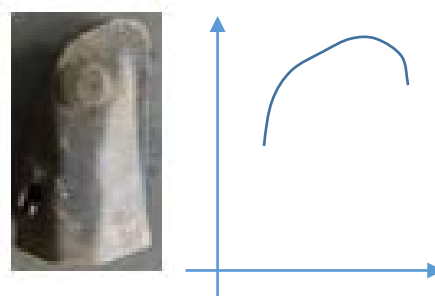
Gbr. 5 Diagram alir pengukuran FCBT

Model *minuhend* pada pengukuran pertama dihasilkan dari hasil imaging 3D CAD FCBT yang masih baru menggunakan *3D Scan Apparatus*.



Gbr. 6 3D scann apparatus

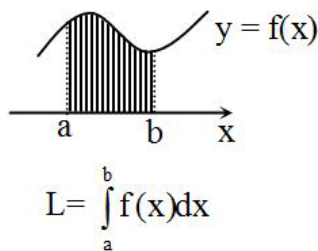
Model subtrahend dihasilkan dari ekstrusi kontur keausan gigi yang diubah menjadi fungsi grafik dengan batas ukuran lebar FCBT.



Gbr. 7 Mendapatkan fungsi grafik dari penjiplakan pola keausan gigi.

Kontur dihasilkan dari penjiplakan bentuk gigi yang aus secara manual di lapangan (*on the spot*) menggunakan kertas.

Menggunakan fungsi integral dapat ditentukan luas di bawah kurva atau tinggi rerataan bidang aus secara merata.



Gbr. 8 Luas dibawah kurva yang dikonversi menjadi tinggi bidang aus rata-rata.

Tinggi bidang aus dari referensi dapat diukur dari waktu ke waktu sesuai pola yang dihasilkan dari penggambaran kontur gigi yang aus.

Selang waktu pengukuran dapat dilakukan secara acak tergantung kondisi lapangan atau berdasarkan waktu awal dan akhir setiap operasi pengerukan. Penentuan tinggi bidang aus rata-rata secara periodik menunjukkan jumlah volume atau masa gigi keruk yang hilang.

Setelah dilakukan pengukuran secara periodik sesuai kondisi lapangan dan menyesuaikan waktu operasi dilakukan pengumpulan data mencakup :

1. Pengukuran volume atau masa awal FCBT
2. Penjiplakan kontur aus secara acak pada 45 gigi FCBT pada setiap selang waktu pengukuran.
3. Konversi kontur jejak aus gigi menjadi fungsi.
4. Penentuan luas dibawah kurva (fungsi).
5. Penentuan tinggi rata-rata keausan gigi berbasis luas di bawah kurva dan lebar gigi keruk.
6. Operasi substraksi solid model.
7. Penentuan volume atau masa gigi keruk yang hilang

Tabel 1 Cuplikan hasil pengolahan data gigi 1-1 dari 3-15

JO (jam)	0	79	94	110
Panjang (mm)	296	235	230	220
Volume (cm ³)	1,070	943	930	904
Berat (kg)	8.03	7.08	6.98	6.79
Berat hilang (kg/jam)		0.012	0.011	0.011
Lintasan (m)	0	79	94	110
Berat hilang (mg/m)	296	235	230	220

Visualisasi hasil dapat ditunjukkan dari perubahan bentuk awal gigi dan setelah dilakukan pengurangan operasi boolean solid CAD dari hasil tinggi bidang aus rata-rata.



Gbr. 9 Hasil pengukuran periodik yang telah dikonversi menjadi tinggi bidang aus rata-rata.

3. Hasil & pembahasan

Gigi FCBT yang digunakan untuk melakukan pengerukan terletak pada bagian ujung yang setara dengan 2,5 kg dari berat total 8 kg. Operator BWD memberikan target penggantian FCBT dapat dilakukan setelah 600 jam operasi. Sehingga diharapkan standar ketahanan aus gigi keruk FCBT berada pada kisaran 65 – 70 mg/min.

Kondisi di lapangan menunjukkan rerata penggantian FCBT dilakukan setiap 300 jam operasi atau 6 minggu.

Hasil pengukuran menggunakan metode baru dapat memberikan penilaian kepada pemasok yang terikat kontrak saat ini, bahwa FCBT yang digunakan belum mampu memenuhi tuntutan ketahanan aus yang diharapkan. Metode pengukuran menggunakan teknik boolean solid CAD dapat memberikan hasil pengukuran dengan tingkat ketahanan aus yang mendekati data penggantian FCBT di lapangan, sekaligus memberikan perbaikan laporan sebelumnya terhadap penilaian kualitas produk pemasok FCBT pada penelitian sebelumnya.

Perbandingan pengukuran pada cara lama dan cara baru dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Perbandingan teknik pengukuran lama & baru.

Aspek	Metode Lama (penelitian sebelumnya)	Metode Baru (penelitian saat ini)
Teknik pengukuran	Regresi linier tinggi gigi maksimum	Operasi substraksi boolean CAD solid
Hasil Ukur Laju aus	1026 mg/min	150 mg/min
Konversi umur pakai kalkulasi	40 jam	270 jam

Metode pengukuran ini dapat menghasilkan koreksi pengukuran tingkat keausan FCBT dari yang semula diklaim tingkat keausan ada pada 1026 mg/min terkoreksi menjadi 150 mg/min. Terkoreksinya data laju keausan sangat penting dalam menentukan langkah selanjutnya upaya penelitian dalam proses pengembangan komponen FCBT yang digunakan pada teknologi BWD.

4. Kesimpulan dan Saran

Metode ini menggabungkan pengukuran berdasarkan gambar pola keausan yang diambil secara manual, konversi citra manual menjadi fungsi grafik, penentuan nilai tengah fungsi sebagai penentuan tingkat keausan rata-rata, kompilasi keausan melalui pemodelan 3D dan penentuan tingkat keausan. Pengukuran secara periodik dapat menentukan laju keausan lapangan pada suatu operasi pengerukan bahan tambang di bawah permukaan air laut.

Metode ini perlu dikembangkan lebih lanjut agar mampu digunakan pada pengukuran ketahanan aus gigi keruk dengan bentuk yang lebih kompleks sehingga tahap kolase kontur aus pada gigi dapat dilakukan.

Penggunaan metode pengukuran gigi di lapangan perlu dikembangkan lebih lanjut

sebagai basis pengembangan teknologi pengerukan (*dredging engineering*). Potensi penelitian / pengembangan yang dapat dilakukan di masa datang mencakup pengembangan material gigi keruk, optimasi parameter pengerukan dan pengembangan alat-alat keruk baik yang terdapat di darat maupun di dasar laut.

Metode pengukuran ini tidak memperhatikan parameter penyebab keausan seperti gaya yang bekerja, luasan permukaan yang bergesekan, kecepatan gesek, partikel gesek, tingkat keasaman dan parameter lingkungan kerja lainnya.

Ucapan Terimakasih

Paper ini dapat dimungkinkan atas partisipasi dan dukungan dari PT Timah Tbk, Lapi-ITB dan Politeknik Manufaktur Bandung. Untuk itu kepada pihak – pihak yang turut membantu penelitian ini diucapkan terimakasih.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Jeremy, Zheng, Li “CAD, 3D Modelling, Engineering Analysis, and Prototype experimentation”, Industrial and Research application (2015) Springer, London.
- [2] Wikipedia, “Constructive solid geometry”, (2000),. Diakses tanggal 14 February 2015, dari https://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_solid_geometry
- [3] Rumus hitung, “Forum tanya jawab”, (2000),. Diakses tanggal 14 February 2015, dari <http://rumushitung.com/2014/10/05/definisi-matematika-dasar/>