

# **PREDIKSI DRILLABILITAS BATUAN MENGGUNAKAN DATA LOGGING DAN PARAMETER PEMBORAN DENGAN PENDEKATAN MODEL LAJU PEMBORAN**

Oleh :

Sudarmoyo dan P. Subiatmono

UPN "Veteran" Yogyakarta

## **RINGKASAN**

*Untuk mengetahui mekanika batuan pada suatu proses pemboran tidak ada dimensi yang sederhana dan metoda yang murah. Sebagian besar model pemboran secara sederhana mengassumsikan pahat sebagai fungsi empiris dari kekuatan batuan yang dinyatakan salah satunya drillabilitas.*

*Penentuan drillabilitas batuan dilakukan dengan persamaan Winter's, dengan metoda statistik korelasi regresi dapat diperoleh korelasi antara drillabilitas dan sifat fisik batuan maupun sifat mekaniknya. Untuk menguji persamaan drillabilitas prediksi dengan cara membandingkan dengan harga drillabilitas yang dihitung secara aktual di lapangan.*

*Dari analisis sumur-sumur diperoleh hubungan antara drillabilitas dan sifat fisik batuan menunjukkan korelasi yang signifikan. Dari uji kearturan, persamaan prediksi yang diperoleh dihasilkan harga drillabilitas yang akurat, sehingga persamaan prediksi yang diperoleh dapat digunakan dalam memprediksi harga drillabilitas pada formasi yang sama pada sumur baru.*

## **PENDAHULUAN**

Laju penembusan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam operasi pemboran, apabila laju penembusan cepat dan tujuan pemboran tercapai dengan baik, maka biaya pemboran perkedalaman akan semakin murah. Untuk mencapai laju pemboran yang cepat, maka perlu memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti karakteristik formasi,

tipe, ukuran pahat, dan keausan pahat, WOB-RPM, sifat lumpur, hidrolika dan peralatan pemboran serta sumber daya manusia.

Karakteristik formasi merupakan faktor yang tetap atau faktor yang tidak dapat diubah dan perilakunya belum dapat diketahui dengan cepat serta sulit untuk dikontrol. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap perilaku kuat tekan dan drillabilitas batuan hubungannya dengan sifat fisik batuan dan sifat mekanik batuan. Dengan persamaan korelasi drillabilitas dengan porositas, densitas dan elastisitas batuan diharapkan dapat dipergunakan untuk memprediksi harga drillabilitas batuan. Persamaan korelasi yang signifikan diuji keakuratannya dengan membandingkan antara drillabilitas prediksi dengan drillabilitas aktual.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam operasi pemboran banyak sekali parameter yang mempengaruhi laju pemboran untuk menembus suatu target. Parameter utama yang tersebut adalah drillabilitas, jenis pahat, WOB, RPM, sifat Lumpur dan hidrolika. Perubahan baik secara bersama-sama maupun tiap individu dari parameter tersebut akan mempengaruhi laju pemboran. Selain faktor-faktor tersebut di atas laju pemboran akan bervariasi untuk setiap jenis batuan yang di bor, dengan demikian karakteristik batuan seperti sifat mekanik dan sifat fisik batuan akan mempengaruhi laju pemboran.

Pahat bisa menembus formasi bila WOB telah melampaui kekuatan batuan (compressive strength), maka batuan akan pecah. Sedangkan putaran pahat (RPM) bertujuan untuk memberikan gaya horizontal terhadap permukaan batuan dan

apabila gaya ini telah melampaui shear strength batuan, maka batuan itu akan robek dan pecah.

Pembersihan lubang dari dasar sumur dilakukan dengan jalan mensirkulasikan fluida pemoran, untuk itu diperlukan pompa pada tekanan dan volume tertentu. Laju sirkulasi yang optimum memerlukan total horsepower di permukaan, jadi hydraulic horsepower yang diperlukan merupakan fungsi dari kehilangan tekanan di seluruh sistim sirkulasi.

### Model Laju Pemoran

Model yang dikembangkan oleh Warren yang menghubungkan kuat tekan batuan dengan laju penembusan dan didasarkan pada penggunaan roller cone bit. Model tersebut dimaksudkan untuk sarana penggambaran hubungan antara parameter-parameter yang mengontrol laju penembusan. Dalam kondisi steady state laju pemindahan cutting sama dengan laju pembentukan pembentukan kepingan-kepingan yang baru, sehingga laju penembusan dikontrol oleh proses pembentukan cutting dan proses pemindahan cutting atau kombinasi dari kedua proses tersebut. Persamaan kuat tekan dari model laju pemoran sebagai berikut :

$$\sigma = \left\{ \frac{W^2}{aD^2\varepsilon} \left[ \frac{N}{R} - \frac{b}{D} - \frac{c\rho\mu ND}{I_m} + \frac{\phi^2}{4a\varepsilon^3} \right] \right\}^{0.5} - \frac{\phi W}{2aD\varepsilon^2} \quad (1)$$

Persamaan Warren dikembangkan oleh Winter's untuk menghitung besarnya drillabilitas dari model laju pemoran, sebagai berikut :

$$\alpha = \left[ \frac{1 - R \left( \frac{b}{ND} + \frac{c\rho\mu D}{I_m} \right)}{\sigma D \left( \frac{\sigma D \varepsilon}{W} + \frac{\phi}{a\varepsilon} \right)} \right] \frac{in^3}{lbs - in} \quad (2)$$

### Metoda Korelasi Dan Regresi

Dalam melakukan korelasi antara dua variabel X dan Y maka langkah pertama penentuan koefisien korelasi (R). Uji tingkat keeratan korelasi dapat dilakukan dengan membandingkan harga koefisien korelasi yang dihitung dengan bantuan Exell Window terhadap R kritis yang diperoleh dari table. Jika R<sup>2</sup> dari hasil perhitungan dengan Excell ≥ harga R<sup>2</sup> dari table dengan taraf signifikan 1% hal ini berarti korelasi antara kedua variabel dipertimbangkan cukup erat. Apabila harga R<sup>2</sup> < hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan R<sup>2</sup> dari table dengan taraf signifikansi 1% berarti korelasi antara kedua variabel tersebut tidak signifikan.

### STUDI KASUS

Penelitian ini di lakukan pada lapangan Rengasdengklok yaitu formasi Cibulakan Atas, Baturaja dan Talang Akar. Data logging sumur diperlukan untuk menentukan sifat fisik batuan (porositas dan densitas) dan sifat mekanik batuan (young modulus, bulk modulus dan shear modulus). Analisis drilling record dilakukan untuk memperoleh data-data pemoran berupa : data bit, Lumpur, ROP, WOB dan RPM. Dari data ini digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan batuan dan dirllabilitas batuan.

Korelasi dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara parameter-parameter tersebut di atas yang selanjutnya digunakan untuk menentukan persamaan regresi. Dengan membandingkan nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) dari masing-masing menu trendline yang ada pada program Exel dengan R<sup>2</sup> kritis dari table, didapat hubungan korelasi dengan parameter korelasi seperti terlihat pada table/grafik...

Untuk mngetahui kedekatan harga drillabilitas yang ditentukan dari persamaan regresi dibandingkan dengan harga drillabilitas actual lapangan. Dari plotting gambar-gambar yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan prediksi harga drillabilitas batuan pada formasi yang sama.

### DISKUSI

Korelasi antara drillabilitas dengan sifat fisik batuan (porositas dan densitas) tidak dapat dilakukan secara langsung, karena tidak ada persamaan yang menyatakan bahwa drillabilitas adalah fungsi sifat fisik batuan. Untuk itu dilakukan secara bertahap dengan cara menentukan korelasi anatar kuat tekan dengan sifat fisik batuan yang kemudian disubstitusikan kedalam persamaan regresi drillabilitas versus kuata tekan.

Dari hasil perhitungan hubungan drillabilitas dengan sifat fisik dan mekanik untuk ketiga formasi pada lapangan Rangkasdeklok menunjukkan hubungan yang signifikan dengan persamaan regresi non linear. Hal ini ditunjukkan dengan parameter koefisien korelasi  $R^2$  hasil perhitungan menunjukkan harga lebih besar dibandingkan dengan  $R^2$  kritis dari tabel. Demikian juga dari gambar hasil uji keakuratan drillabilitas prediksi dengan drillabilitas actual menunjukkan hargga yang sama, sehingga dapat dikatakan bahwa persamaan yang diperoleh adalah akurat.

## KESIMPULAN

1. Hubungan drillabilitas dengan sifat fisik (porositas dan densitas) pada formasi Cibulakan Atas, Batu raja dan Talang Akar menunjukkan korelasi yang signifikan.
2. Uji keakuratan persamaan regresi drillabilitas menunjukkan hasil yang akurat untuk ke tiga formasi pada Lapangan Rengasdengklok.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adam, N.J.,: *Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach*, Penn Well Books, Tulsa, Oklahoma, 1985.
2. Amyx, J.W., Bass, D.M. Jr., Whitting, R.L.,: *Petroleum Reservoir Engineering*, McGraw-Hill Publishing Co., NewYork, 1960.
3. Arthur W.,: *Oil Well Drilling Technology*, University of Oklahoma Press, 1959.

4. Bourgoyne, Jr., Adam, T.,: *Applied Drilling Engineering*, First Printing Society of Petroleum Engineering Richardson, TX, 1986.
5. Croxton, F.E, Towden, D.J., and Klein S., : *Applied General Statistic*, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, 1973.
6. Crain E.R.,: *The Log Analyst Handbook*, PennWell Publishing Co., Tulsa, Oklahoma, 1986.
7. Cunningham R.A., and Eenink J.G.,: *Laboratory Study of Effect Overburden, Formation and mud Columm Pressures on Drilling Rate of Permeabel Formations*, Trans AIME 216, 1959, p 9-15.
8. Franklin at. All. : *Rock Engineering*, McGraw-Hill Publising Co., McGraw-Hill Publishing Co., New York, 1958.
9. Gatlin C.,: *Petroleum Engineering Drilling and Well Completion*, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs N.S., 1954.
10. Gestaldes S., and Ruynal J.,: *Measurement of Some Mechanical Properties Of Rock and Their Relationship to Rock Drillability*, JPT (August 1966), p.991-996.
11. Gnirk P.L., : *Theoretical Description of Rotary Drilling for Idealized Down Hole Bit/Rock Condition*, SPEJ December 1969, Trans AIME 246, p.443-450.
12. Goodman R.E., : *Introduction to Rock Mechanic*, John Wiley Inc., NY, 1980.
13. Hareland Gels, : *Use of Drilling Parematers to Predict In-Situ Stress Bounds*, Oklahoma State U, SPE, 1983.
14. Jaeger J.C. and Cook N.G., : *Fundamentals Of Rock Mechanics*, Second Edition, Chapman and Hall Ltd., London, 1971.

## DAFTAR SIMBOL

- a,b,c = Konstanta pahat  
D = Diameter pahat, in.  
 $I_m$  = Impact Force, lbf.  
N = RPM  
R = Laju pemboran, ft/jam.

- $W$  = Berat pahat, klbs.  $\mu$  = Viskositas Lumpur, cp.  
 $\varepsilon$  = Ductility batuan, dimensionless  $\phi$  = Cone offset, dimensionless  
 $\rho$  = Densitas Lumpur, ppg.  
 $\sigma$  = Kuat tekan batuan, psi.  
 $\alpha$  = Drillabilitas, in<sup>2</sup>/lbs-in

Tabel 1  
 Harga Koefisien Korelasi Kritis ( $R^2_{\text{kritis}}$ ) untuk berbagai N <sup>5)</sup>

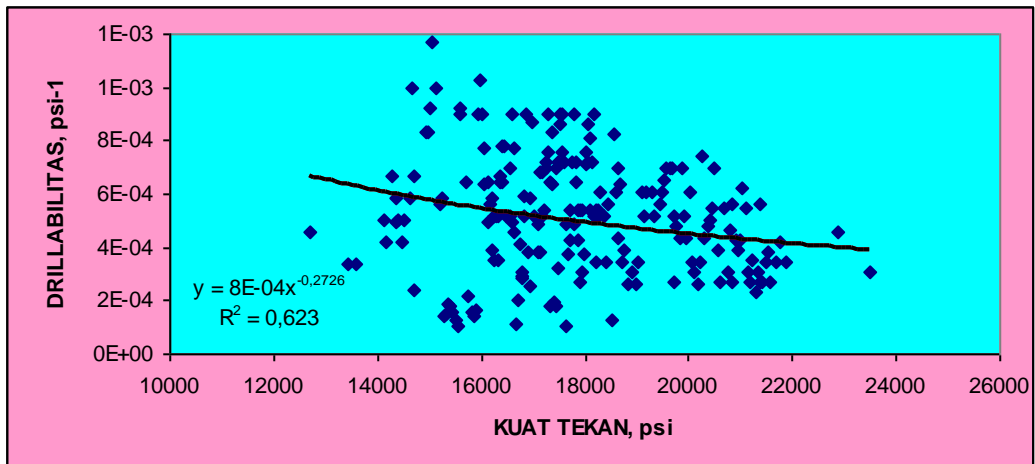
JUMLAH SAMPEL N	Harga R <sup>2</sup> PADA TARAF SIGNIFIKASI	
	5 %	1 %
3	0,997	1,000
4	0,950	0,990
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,874
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765
11	0,602	0,735
12	0,576	0,708
13	0,553	0,684
14	0,532	0,661
15	0,514	0,641
16	0,497	0,623
17	0,482	0,606
18	0,468	0,590
19	0,456	0,575
20	0,444	0,561
25	0,396	0,505
50	0,304	0,393
100	0,217	0,283
125	0,176	0,230
200	0,138	0,181
300	0,113	0,148

Tabel 2  
 Analisis Korelasi Kuat Tekan Terhadap Sifat Fisik

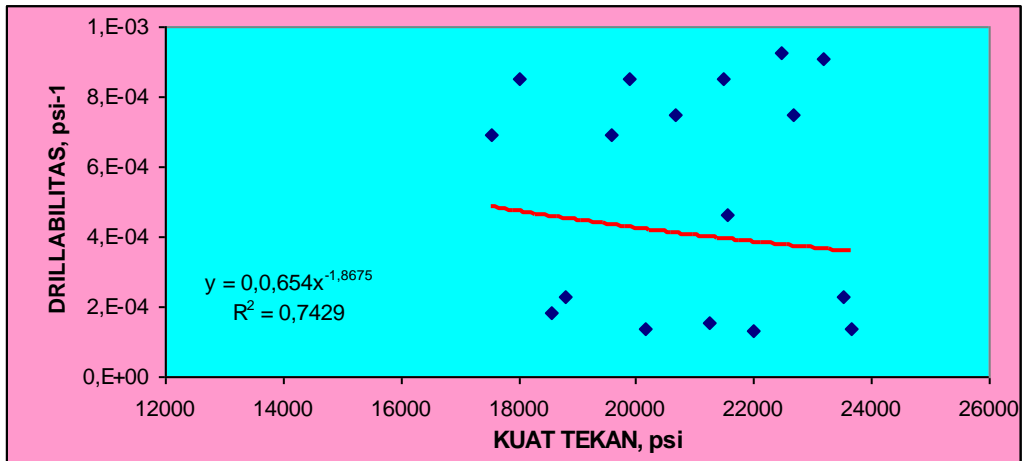
Sifat Fisik	Persamaan	Persamaan Regresi Formasi Cibulakan Atas	Persamaan Regresi Formasi Baturaja	Persamaan Regresi Formasi Talang Akar
$\gamma_{\text{sonic}}$	Eksponensial	$\sigma = 77723,5e^{-4,4628\phi_s}$	$\sigma = 40202e^{-4,2795\phi_s}$	$\sigma = 1320e^{-0,918\phi_s}$
$\gamma_{\text{eff}}$	Eksponensial	$\sigma = 75902e^{-3,811\phi_{\text{eff}}}$	$\sigma = 37112e^{-3,328\phi_{\text{eff}}}$	$\sigma = 1215e^{-1,112\phi_{\text{eff}}}$
Densitas	Eksponensial	$\sigma = 24797e^{3,656\rho_b}$	$\sigma = 116,5e^{4,126\rho_b}$	$\sigma = 512,7e^{0,3193\rho_b}$

Tabel 3  
 Persamaan Korelasi Antara Drillabilitas Dengan Sifat Fisik

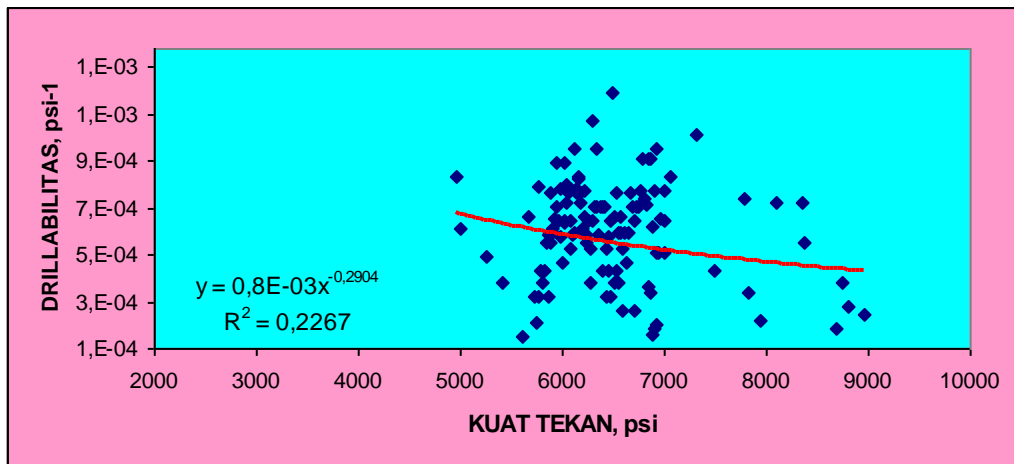
Sifat Fisik	Formasi Cibulakan Atas	Formasi Baturaja	Formasi Talang Akar
$\gamma_{\text{sonic}}$	$\alpha = 3,047E - 04e^{1,296\phi_s}$	$\alpha = 4,446E - 04e^{1,166\phi_s}$	$\alpha = 1,283E - 04e^{0,797\phi_s}$
$\gamma_{\text{eff}}$	$\alpha = 3,061E - 0,4e^{1,071\phi_{\text{eff}}}$	$\alpha = 4,544E - 04e^{0,9074\phi_{\text{eff}}}$	$\alpha = 1,397E - 04e^{0,965\phi_{\text{eff}}}$
Densitas	$\varepsilon = 4,236E - 04e^{-1,0619\rho_b}$	$\alpha = 6,694E - 03e^{-1,0773\rho_b}$	$\alpha = 2,966E - 04e^{-0,277\rho_b}$



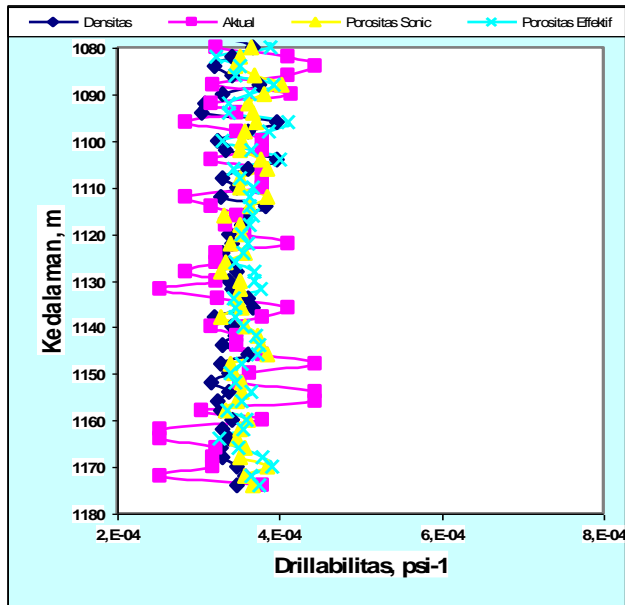
Gambar 1 : Persamaan Regresi Drillabilitas Vs Kuat Tekan Formasi Baturaja



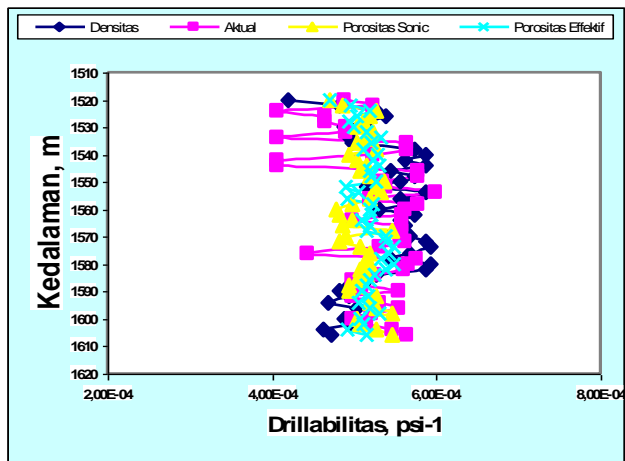
Gambar 2 : Persamaan Regresi Drillabilitas Vs Kuat Tekan Formasi Talang Akar



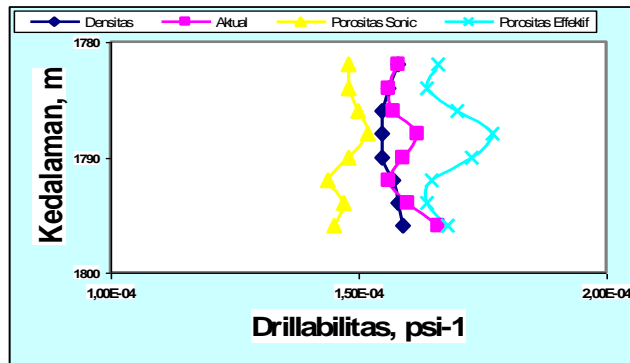
Gambar 3 : Persamaan Regresi Drillabilitas Vs Kuat Tekan Formasi Cibulakan



Gambar 4. Perbandingan Drillabilitas Prediksi dengan Aktual Formasi Cibulakan



Gambar 5. Perbandingan Drillabilitas Prediksi dengan Aktual Formasi Baturaja



Gambar 4. Perbandingan Drillabilitas Prediksi dengan Aktual Formasi Talang Akar









