

PENELITIAN DAN PERENCANAAN- PENCIPTAAN KOMPONEN PIPA BOR BAWAH UNTUK MENCEGAH DAN MENANGGULANGI KEBENGGOKAN SUMUR VERTIKAL KARENA ALAMIAH*

SUDIYARTO

KHARAKTERISTIKA UMUM DISERTASI

Keaktuilan Problema.

Berhubung dengan berkembangnya perindustrian dunia yang berjalan dengan pesat, minyak dan gas merupakan faktor yang penting di dalam meningkatkan jumlah sumber energi negara. Di Indonesia dan negara-negara lain di dunia (USA, USSR, Inggris, India, Irak, Iran, Kanada, RFJ, Swedia, Malaysia dan lain-lain) pencarian minyak dan gas sering dilakukan di tempat-tempat yang mempunyai syarat-syarat geologis yang

* Autoreferat disertasi untuk mendapatkan gelar kesarjanaan doctor of philosophy (Ph.D) dalam bidang ilmu teknik pada Institut Minyak dan Kimia Azerbaidjan.

sangat sukar dan berat, baik di darat maupun di laut. Peningkatan produksi minyak bumi dan gas pada dasarnya berhubungan erat dengan pencarian dan penguasaan kekayaan alam minyak dan gas, yang terdapat di lapisan tanah di kedalaman yang dalam. Pada tahun-tahun terakhir ini kedalaman pengeboran sumur, baik yang digunakan untuk tujuan penelitian maupun tujuan eksploitasi untuk mendapatkan minyak dan gas selalu meningkat. Di proses pengeboran sumur yang dalam sering diikuti oleh kebengkokan laras sumur karena alamiah, yang mengakibatkan berbagai hambatan dan kesulitan dalam pelaksanaan pengeboran selanjutnya sampai selesai. Akibatnya sumur yang telah dibor tidak dapat melaksanakan tugas-tugas geologis yang telah ditetapkan semula. Dan pada akhir pengeborannya juga mengakibatkan membesarnya biaya yang telah diperhitungkan sebelumnya. Atau kadang-kadang lenyaplah semua biaya yang telah dikeluarkan, apabila tidak dapat mengatasinya. Kebengkokan laras sumur karena alamiah kita temui pula pada waktu melaksanakan pengeboran bagian laras sumur vertikal dari sumur miring-berarah berumpun, dimana pelaksanaannya dalam banyak hal bergantung pada masalah pencegahan dan penanggulangan kebengkokan laras sumur, sampai dimana telah dipecahkan secara ilmiah baik dari segi teknis maupun teknologis.

Berhubung dengan bertambahnya kedalaman sumur pada waktu mengebor, atas dasar bermacam-macam sebab dasar sumur ternyata terbelok beberapa puluh meter atau lebih dari kedudukan yang telah diproyekkan. Laras sumur yang semacam ini pada umumnya mempunyai pelengkungan yang tajam, dan yang berpengaruh sangat negatif terhadap kelanjutan pengeboran bagian laras yang miring dan juga pada proses penyemenan serta eksploitasinya. Kebengkokan laras sumur juga dapat menimbulkan kerusakan pada unsur-unsur pipa bor.

Jadi keadaan ini masih menuntut adanya penelitian yang lebih besar lagi tentang sebab-sebab dan menurut hukum-hukum apa kebengkokan laras sumur itu terjadi dan juga masih menuntut adanya dasar teori yang cukup kuat untuk merencanakan-menciptakan komponen pipa bor bawah (KPBB), yang dapat dipergunakan untuk mencegah dan menanggulangi kebengkokan laras sumur vertikal dan miring-berarah berumpun pada pengeboran sumur dengan sistem turbin dan rotor.

Salah satu jalan pemecahan persoalan ini adalah perencanaan-penciptaan KPBB bertanggung dengan menggunakan sentrator untuk pengeboran sumur dengan sistem turbin dan rotor, dan juga perencanaan-penciptaan KPBB yang mampu mengecilkan sudut kemiringan laras sumur yang telah bengkok. Penelitian KPBB yang bekerja di sumur-sumur vertikal dan miring-berarah dengan memperhitungkan faktor-faktor kelainan diameter unsur-unsurnya, kecepatan putaran pipa, sudut kemiringan laras sumur,

tekanan beban yang diberikan kepada mata bor, gaya dari berat pipa sendiri yang mengarah searah sumbunya dan tegak lurus dengannya akan memberikan kemungkinan menciptakan langkah-langkah yang efektif untuk menjamin kevertikalan sumur.

Tujuan Disertasi.

Meningkatkan mutu dan efek pengeboran sumur vertikal dan bagian laras vertikal dari sumur miring-berarah berumpun atas dasar perencanaan langkah-langkah teknologis yang dipecahkan untuk mencegah dan menanggulangi kebengkokan larasnya.

Tugas-tugas Pokok Disertasi.

Penelitian hukum-hukum apa penyebab kebengkokan laras sumur; pengaruh penggunaan bermacam-macam KPBB dan pengaruh parameter teknologi pengeboran (tekanan beban pada mata bor) terhadap proses tersebut; metoda perhitungan yang dipergunakan di dalam perencanaan-penciptaan KPBB untuk mencegah kebengkokan sumur vertikal; metoda perhitungan yang dipergunakan di dalam perencanaan-penciptaan KPBB, untuk menanggulangi bagian laras sumur vertikal yang telah bengkok dari sumur miring-berarah berumpun; penerapan hasil-hasil penelitian di dalam praktek di perindustrian minyak dan gas serta penilaian ekonomi efek penggunaannya.

Penemuan Ilmiah Baru.

Untuk pertama kali telah ditemukan rumus-rumus baru untuk menentukan tekanan beban kritis pada mata bor, dimana KPBB bertanggung yang bekerja pada pengeboran sumur vertikal dengan sistem rotor dan turbin tidak melengkung; untuk pertama kali dirumuskan langkah-langkah teknologis untuk meniadakan kebengkokan laras sumur vertikal dengan menggunakan KPBB bertanggung pada pengeboran sistem rotor; dirumuskan perencanaan KPBB yang tidak perlu dikendalikan dalam penggunaannya, untuk menanggulangi kebengkokan sumur vertikal dan bagian laras vertikal dari sumur miring-berarah berumpun pada pengeborannya dengan sistem rotor dan turbin.

Nilai Disertasi di dalam Praktek.

Penelitian proses kebengkokan sumur memberikan kemungkinan memilih dari bermacam-macam faktor yang berpengaruh padanya, yang paling penting adanya pengaruh nyata terhadap KPBB. Ditemukannya

langkah-langkah teknologis untuk mencegah dan menanggulangi kebengkokan sumur vertikal dan bagian laras vertikal dari sumur miring-berarah berumun memungkinkan dapat meningkatkan hasil kerja pengeboran, baik dari segi teknis maupun segi ekonomis dan juga meningkatkan mutu laras sumur miring-berarah.

Penerapan Disertasi di dalam Praktek

Rekomendasi pokok dan langkah-langkah teknologis yang ditemukan sangat berhasil telah diterapkan dan pada waktu sekarang dilanjutkan penerapannya di perindustrian minyak dan gas gabungan "Kaspmorneftegasprom" di laut Kaspia dan "Soyusburgas" di negara Republik bagian Azerbaidjan serta di perusahaan perindustrian minyak dan gas "Krimmorgeologiya" di Laut Hitam di negara Republik bagian Ukraina. Hasil penerapan KPBB yang direkomendasikan untuk menanggulangi kebengkokan laras sumur pada pengeboran sumur No. 404 dan No. 415 di perusahaan "Soyusburgas" sangat memuaskan dan telah dilakukan perhitungan keuntungan ekonomi sebesar 150,50 ribu rubel mata uang USSR.

Pembahasan Disertasi.

Pertanyaan-pertanyaan yang dilihat dan dijawab di dalam disertasi dibahas dan mendapat penilaian positif atas kebenarannya pada: Konferensi Ilmu Pengetahuan yang diselenggarakan oleh Institut Minyak dan Kimia Azerbaidjan M. Azizbekov, dan Perusahaan Perindustrian minyak dan gas "Kaspmorneftegasprom" tahun 1975; Konferensi Ilmu Pengetahuan yang diselenggarakan oleh para Guru Besar dan Pengajar Institut Minyak dan Kimia Azerbaidjan, tahun 1976, 1977; Konferensi Ilmu Pengetahuan tentang pengeboran sumur miring berarah yang diselenggarakan oleh Kementrian Perguruan Tinggi USSR bersama-sama dengan Institut Minyak dan Kimia Azerbaidjan tahun 1978; Dewan Ilmiawan seksi pengeboran sumur minyak dan gas Institut Riset Bangunan Di Atas Air "Gipromorneftegas", tahun 1982.

Volume Disertasi.

Disertasi terdiri dari pembukaan, empat judul, kesimpulan pokok dan lampiran perhitungan keuntungan ekonomi. Disertasi mengandung 152 halaman teks yang ditulis dengan mesin tulis, termasuk 10 daftar, 37 gambar ilustrasi dan daftar pustaka dari 108 buah buku.

Publikasi.

Intisari pokok Disertasi sebanyak 4 buah karangan ilmiah telah dimuat di majalah Ilmu Pengetahuan.

ISI DISERTASI.

Pada pembukaan dijelaskan sebab-sebab pokok yang mendasar tentang keaktuilan thema Disertasi, diformulasikan tujuan dan tugas-tugas penelitian.

Pada judul pertama diadakan analisa jajaran pustaka, yang mengungkap soal-soal yang menyangkut problema penanggulangan kebengkokan sumur vertikal. Berdasarkan hasil penelitian pada analisa ditemukan dan ditunjukkan sebab-sebab pokok tentang kebengkokan sumur, yaitu dapat terjadi dari segi teknis, teknologis dan geologis.

Model matematika yang terdapat pada jajaran pustaka tersebut dan yang menggambarkan proses terjadinya kebengkokan laras sumur hanya melihat dan melukiskan kerja KPBB yang mempunyai parameter kekuatan pelengkung dan berat tiap meternya constant. Akan tetapi pada pengeboran sumur vertikal, yang dilaksanakan dengan sistem rotor dan turbin dipergunakan PBSB yang disusun dari pipa bor super berat (PBSB) dan pipa bor berat (PBB), yang mempunyai ukuran teknis berbeda-beda baik diameter maupun kekuatan pelengkungnya. Oleh karena itu KPBB yang direkomendasikan untuk pengeboran sumur vertikal, yang dilakukan dengan sistem turbin dan rotor tidak selalu dapat memberi garanti terhadap kevertikalan laras sumur.

Sampai sekarang penanggulangan kebengkokan sumur vertikal pada pengeboran dengan sistem rotor dilakukan dengan KPBB tanpa menggunakan sentrator. Dengan demikian sudut kemiringan laras sumur akan menurun dengan kecepatan yang kecil. Akibatnya akan mempertinggi tambahan ongkos di dalam mencapai kevertikalan laras sumur pada saat memperdalam kedalamannya yang telah diproyekkan sebelumnya.

KPBB tanpa sentrator yang direkomendasikan untuk menanggulangi kebengkokan bagian laras vertikal dari sumur miring-berarah berumpun dengan sistem rotor tidak memberikan kemungkinan mendapatkan mutu yang baik sesuai dengan profil sumur yang diproyekkan. Jadi dapat disimpulkan, bahwa pengaruh parameter teknologi pengeboran sumur dan penggunaan KPBB bertanggung pada proses kebengkokannya belum dipelajari dan diteliti, dan akibatnya tidak dapat digunakan untuk meniadakan dan tidak mampu untuk menanggulangi kebengkokan sumur vertikal.

Pada judul ke dua mengandung penelitian secara analisa hasil kerja pengeboran sumur vertikal, yang dibor di ladang minyak di semenanjung Krim wilayah Republik bagian Ukraina. Diteliti berdasar hukum-hukum apa kebengkokan laras sumur vertikal karena alamiah itu terjadi, dengan melibatkan pengaruh geologis dan juga pengaruh faktor-faktor teknis dan teknologis. Ditetapan, bahwa perubahan sudut kemiringan laras sumur yang kecil diikuti juga dengan perubahan sudut secara azimetal. Dengan

demikian terjadilah kebengkokan laras sumur secara stereometris. Apabila sudut kemiringan laras sumur makin bertambah besarnya dan mencapai lebih dari 12° , maka perubahan sudut azimuth tidak begitu tampak yang besar di dalam usaha meluruskan laras sumur yang telah bengkok. Ditetapkan pula, bahwa penyebab utama terhadap kebengkokan sumur vertikal adalah tekanan yang dibebankan ke mata bor, yang besarnya melebihi berat pipa bor bawah sendiri yang tersusun daripada PBB.

Dapat disimpulkan, bahwa harus dicari dan ditentukan tekanan maksimum yang dapat dibebankan pada mata bor dan panjang maksimum KPBB, dimana pada waktu bekerjanya tidak akan melengkung. Dalam hal ini secara keseluruhan pemecahan persoalannya harus dilihat secara umum, dan hasilnya akan dapat dipergunakan untuk pengeboran sumur dengan sistem rotor dan turbin, baik untuk sumur-sumur vertikal maupun miring-berarah berumpun.

Pada judul ketiga dilihat persoalan kekuatan pipa bor bawah dan diciptakannya komponen pipa bor bawah bertanggung, yang mampu dapat digunakan untuk mencegah kebengkokan laras sumur vertikal pada pengeboran sumur dengan sistem rotor dan turbin.

Seperti apa yang telah dikenal, bahwa proses pengeboran sumur minyak dan gas sering dilaksanakan dengan pertolongan KPBB yang disusun daripada elemen-elemen yang berbeda-beda parameter teknologinya seperti kekuatan pelengkung, berat tiap meternya, diameter dan panjangnya. Misalnya mesin turbin disusun dengan PBB, PBSB dengan PBB dan sebagainya.

Selanjutnya dilukiskan hasil penelitian teoritis terhadap persoalan yang berhubungan dengan kelakuan KPBB yang bersusun bertanggung.

Penelitian keefektifan dari berbagai-bagai KPBB, yang mampu mencegah kebengkokan laras sumur bertitik tolak dari dasar perhitungan KPBB yang sedang bekerja terhadap kekuatannya.

Di dalam urutannya kekuatan KPBB bergantung kepada banyak faktor, dan yang paling pokok bergantung kepada tekanan yang dibebankan pada mata bor, kecepatan putaran pipa bor, panjang, perbedaan kekuatan pelengkung dan berat tiap-tiap meter masing-masing elemen KPBB.

Bagian bawah pipa bor, yang sedang bekerja dalam keadaan tegang ditunjukkan sebagai dua sistem bertanggung yang ujung-ujungnya bersandarkan pada sarnir dan dibebani bersama-sama oleh gaya berat pipa mengarah menurut sumbunya serta gaya enersi yang timbul akibat putaran pipa. Panjang bagian atas tangga pipa yang berkekuatan pelengkung EI_0 dan berat tiap meternya q_0 dinyatakan melalui huruf L_0 , panjang bagian bawah tangga yang berkekuatan pelengkung EI_1 dan berat tiap meternya q_1 melalui huruf L_1 , sedangkan panjang seluruh sistem L . Dicari panjang kritis (maksimum)

mum bagian bawah pipa yang sedang bekerja, gaya kritis yang dibebankan pada mata bor, dimana bagian bawah pipa mulai kehilangan kekuatannya, dan tempat pemasangan peralatan sentrator dengan tujuan untuk mencegah kebengkokan laras sumur karena alamiah.

Untuk mencari panjang kritis bagian bawah pipa bor yang sedang bekerja, terdapat serangkaian metoda di dalam jajaran pustaka, dan dari sini yang paling tersohor dan terkenal adalah metoda pengintegralan persamaan differensial yang melukiskan ketegangan sumbu pipa bor dan metoda pendekatan. Salah satu dari berbagai macam metoda pendekatan adalah metoda grafoanalitika, dimana dengan pertolongannya terpecahkanlah tugas menentukan panjang kritis komponen pipa bor bawah bertanggung yang sedang bekerja pada pengeboran sumur dengan sistem rotor. Dan ditemukan rumus baru yang dapat dipergunakan untuk menghitung L_{kr} yang berbentuk sebagai berikut :

$$\sum_{i=0}^4 a_i L_{kr}^i = 0 \quad (1)$$

dimana : $a = -1$; $a_1 = a_2 = 0$;

$$a_3 = \frac{aq_0}{El_0} + \frac{bq_0 + cq_1}{El_1}$$

$$a_4 = \left(\frac{dq_0 + eq_1}{El_0} + \frac{hq_0 + iq_1}{El_1} \right) \frac{w^2}{g}$$

di sini a, b, c, d, e, h, i — koefisien tidak berukuran yang besarnya dapat berubah-ubah bergantung kepada angka perbandingan $z = L_0/L$.

Misalnya untuk $z = 0,40$.

$$a = 0,008704; \quad b = 0,029720; \quad c = 0,013659;$$

$$d = 0,002105; \quad e = 0,007296; \quad h = 0,000495;$$

$$i = 0,000873.$$

Apabila kecepatan putaran pipa bor atau kecepatan sudut w sama dengan nol, maka dari ungkapan (1) dapat ditemukan rumus untuk meng-

hitung panjang kritis daripada komponen pipa bor bawah bertangga, yang dapat digunakan pada pengeboran sumur dengan sistem turbin dan berbentuk sebagai berikut :

$$L_{kr} = \frac{3}{E} \frac{I_o I_1}{aq_o I_1 + bq_o I_o + cq_1 I_o} \quad (2)$$

Berdasarkan rumus-rumus (1) dan (2) telah diadakan perhitungan untuk komponen pipa bor bawah bertangga dengan diameter dan kekuatan pelengkung yang membesar dan mengecil dari mata bor ke atas, yang banyak digunakan di dalam praktek dan hasil perhitungannya dilukiskan dalam bentuk grafik.

Berdasarkan hasil penelitian ditetapkan, bahwa semakin meningkatnya panjang tangga bagian bawah komponen pipa bor dengan diameter dan kekuatan pelengkung mengecil dari mata bor ke atas, maka panjang komponen pipa bor bawah secara keseluruhan semakin meningkat, kemudian setelah mencapai angka maksimum akan menurun secara drastis. Sedangkan untuk komponen pipa bor dengan diameter dan kekuatan pelengkung membesar dari mata bor ke atas, maka gambarnya berubah dengan arah yang berlawanan. Dalam penelitian ini juga menunjukkan, bahwa semakin meningkatnya kecepatan sudut putaran pipa bor w , maka panjang kritis komponen pipa bor bawah semakin menurun.

Karakter perubahan $L_{kr} = f(L_1)$ seperti ini dapat dijelaskan, bahwa semakin meningkatnya L_1 akan mencapai pada suatu saat, pada waktu panjang bagian seksi tersebut telah mencapai kebesarannya yang kritis dan mulai berlangsung kehilangan kekuatannya dari berat pipa sendiri, yang terdiri hanya dari tangga bagian bawah.

Bergantung kepada panjang tangga bawah daripada komponen pipa bor, tekanan kritis yang dapat dibebankan ke mata bor dapat dihitung dengan rumus yang diungkapkan sebagai berikut :

$$P_{kr} = q_1 L_1 + q_o (L_{kr} - L_1) \quad (3)$$

Seperti telah ditunjukkan di atas untuk ke dua kemungkinan penyusunan tangga komponen pipa bor, karakter perubahan tekanan kritis yang bergantung kepada panjang tangga bawah, mempunyai gambaran yang sama dengan karakter perubahan L_{kr} yang bergantung kepada panjang seksi tangga bawah juga.

Perlu mendapatkan perhatian terhadap ketetapan di atas, bahwa be-

sar kecilnya diameter sumur tidak berpengaruh terhadap besarnya bilangan, dimana pipa kehilangan kekuatannya. Perbedaan diameter yang terdapat antara dinding sumur dan dinding pipa bagian luar dapat berpengaruh terhadap keintensifan perubahan kebesaran sudut kemiringan sumur, setelah mencapai titik kritisnya dimana pipa bor bawah kehilangan kekuatannya. Untuk memperkecil jarak antara dinding sumur dan dinding pipa bor bagian luar dan juga dengan tujuan minimisasi kemungkinan meningkatnya sudut kemiringan laras sumur pada waktu membesarnya tekanan yang dibebankan pada mata bor, disarankan menggunakan KPBB bertanggung dengan diameter dan kekuatan pelengkung yang membesar dari mata bor ke atas. Misalnya untuk pengeboran bagian sumur untuk pemasangan pipa pemisah teknik perlu digunakan KPBB yang disusun seperti berikut: 393,7 mm mata bor, 203 mm PBB 8—9 m panjangnya, 273 mm PBSB 36 m panjangnya, 203 mm PBB 64 m panjangnya, 140 mm pipa bor.

Berdasarkan rumus (1) yang telah ditemukan untuk menghitung panjang kritis pipa bor bawah yang sedang bekerja, telah dihitung jarak dari mata bor sampai dengan tempat pemasangan peralatan sentrator untuk KPBB yang banyak dan sering dipergunakan di dalam praktek pengeboran sumur, baik dengan sistem rotor maupun dengan sistem turbin.

Pada judul keempat dilaksanakan penelitian terhadap kerja pipa bor bawah dan perencanaan-penciptaan komponen pipa bor bawah yang universal yang juga dapat digunakan untuk memperkecil sudut kemiringan laras sumur pada pengeborannya dengan sistem rotor.

Diteliti pengaruh kecepatan putaran pipa bor terhadap KPBB yang bekerja pada sumur yang miring. Seperti apa yang telah diketahui, bahwa pada pengeboran sumur miring-berarah berumpun selalu dimulai dengan pengeboran sumur bagian atas benar-benar tegak sesuai apa yang diproyekkan pada profilnya. Akan tetapi menjamin ketegakan laras sumur yang ideal tegak, terutama apabila panjang interval tegak profil sumur miring berarah mencapai 1500 — 2000 meter secara praktis tidak pernah terjadi dan sering terdapat tempat kebengkokan larasnya dari pengaruh alamiah.

Tujuan penelitian adalah mencari ketetapan menurut hukum-hukum yang bagaimana kecepatan putaran pipa bor berpengaruh pada tingkah laku KPBB, yang bekerja pada pengeboran sumur miring-berarah.

Untuk memecahkan persoalan yang telah ditetapkan, rangkaian pipa bor bawah yang terdiri dari mata bor, PBB dan pipa bor dilihat sebagai balok, yang mempunyai ukuran teknis homogen berbaring pada dasar laras sumur yang miring-lurus dan yang mempunyai dasar absolut keras. Pada waktu bekerjanya rangkaian pipa itu mengalami berbagai-bagai pengaruh gaya tekanan dari : gaya berat pipa, yang arahnya menjurus dan tegak lurus sumbu pipa, gaya enersi yang timbul akibat putaran pipa dan tekanan yang dibebankan kepada mata bor.

Perlu dicari jarak dari mata bor sampai pada titik, dimana pipa bor bersinggungan dengan dinding sumur bagian bawah. Dicari juga gaya reaksi, yang timbul pada mata bor yang mampu membelokkannya, serta sudut pengarah yang bergantung dari berbagai-bagai faktor seperti gaya yang dibebankan pada mata bor, sudut kemiringan laras sumur, jumlah kecepatan putaran rangkaian pipa bor dan sebagainya.

Ditemukan rumus, yang dapat digunakan untuk menghitung gaya reaksi yang timbul pada mata bor.

$$R_o = -13qw^2L(3f + kL^2)/560g - 3qL(\sin a + f/L\cos a)/8 - 3(3qf + kqL^2) \times (\cos a - f/L\sin a)/280 - P(3f/L + kL)/10 - 3Elf/L^3. \quad (4)$$

dimana :

- q — berat pipa bor tiap meternya;
- w — kecepatan sudut putaran pipa bor;
- f — setengah dari selisih diameter mata bor dan pipa bor;
- a — sudut kemiringan bagian laras sumur yang diperhatikan;
- P — gaya yang dibebankan pada mata bor;
- El — kekuatan pelengkung pipa;
- k — kebengkokan pipa pada titik singgungannya dengan dinding sumur bagian bawah;
- L — jarak dari mata bor sampai titik singgung pipa bor dengan dinding sumur bagian bawah, yang besarnya dapat dihitung dengan rumus yang ditemukan seperti berikut:

$$\sum_{i=0}^6 a_i L^i = 0 \quad (5)$$

$$a_0 = -5040 Elf ; a_1 = 0 ;$$

$$a_2 = 504 Pf + 282 qf^2 \sin a - 1680 Elk ;$$

$$a_3 = -282 qf \cos a ;$$

$$a_4 = 94kf + 51 qw^2 f/g + 210 q \sin a + 168 kP ;$$

$$a_5 = -94kq ; a_6 = kqw^2 / g.$$

Dilakukan perhitungan untuk KPBB: 269,9 mm mata bor, 203 mm PBB, 140 mm pipa bor, dan hasilnya digambarkan dalam bentuk grafik. Berdasarkan hasil penelitian ditetapkan, bahwa semakin meningkatnya jumlah putaran rangkaian pipa bor — n , kebengkokan pipa — k , sudut kemiringan laras sumur — a semakin bertambah besar gaya reaksi yang timbul pada mata bor — R_o dan sudut pengarahnya — β , yang besarnya dapat dihitung menurut rumus yang berbentuk sebagai berikut :

$$\beta = \arctg R_o/P \quad (6)$$

Misalnya untuk $a = 5^\circ$, gaya beban $P = 50$ kN, jumlah putaran pipa $n = 100$ putaran/menit, kebengkokan pipa

$k = 0^\circ/100$ m maka $R_o = 2140$ N;

$k = 1^\circ/100$ m maka $R_o = 2380$ N;

$k = 2^\circ/100$ m maka $R_o = 2660$ N.

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa tekanan yang dibebankan pada mata bor praktis tidak berpengaruh pada besarnya gaya reaksi, yang timbul pada mata bor. Akan tetapi berpengaruh pada kebesaran sudut pengarah, yaitu semakin membesarnya tekanan yang dibebankan kepada mata bor, semakin mengecilkan sudut pengarah β . Misalnya untuk KPBB tersebut di atas, apabila $a = 5^\circ$, $n = 100$ putaran/menit, $k = 2^\circ/100$ m, untuk :

$P = 50$ kN maka $\beta = 0,05325$ radian;

$P = 100$ kN maka $\beta = 0,02589$ radian;

$P = 150$ kN maka $\beta = 0,01660$ radian

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditunjukkan adanya kemungkinan menilai pengaruh faktor-faktor yang tersebut terhadap komponen pipa bor bawah pada waktu bekerjanya.

Pada judul yang sama dilaksanakan perencanaan-penciptaan KPBB yang dipergunakan untuk mengecilkan sudut kemiringan laras sumur pada pengeboran sumur dengan sistem rotor. Persoalan tugas dipecahkan di dalam bentuk umum, ini berarti bahwa apabila pipa bor tidak berputar, maka akan mendapatkan pemecahan untuk dapat dipergunakan pada pengeboran sumur dengan sistem turbin. Tujuan penelitian adalah perencanaan-penciptaan komponen pipa bor bawah yang universal, yang dalam satu pihak sanggup mencegah kebengkokan sumur yang bentuknya stereometris dan di pihak lain apabila sudah terjadi kebengkokan, sanggup mengecilkan sudut yang telah dicapai. Perlu diperhatikan bahwa perlunya

mengecilkan sudut yang timbul juga pada proses pengeboran sumur miring-berarah, apabila pada kedalaman tertentu jarak dari mata bor ke sumbu vertikal melebihi apa yang telah diproyekkan.

Untuk memecahkan persoalan tugas, pipa bor bawah yang terdiri: mata bor, PBB, sentrator, PBB dan rangkaian pipa bor dipentaskan sebagai komponen pipa yang homogen berbaring di landasan yang lurus-miring dan absolut keras. Komponen pipa bor tersebut mengalami beban dari gaya beratnya sendiri, yang arahnya menurut dan tegak lurus sumbunya, serta gaya enersi yang timbul akibat putaran pipa dan gaya yang dibebankan pada mata bor.

Dicari jarak dari mata bor sampai tempat pemasangan sentrator — L_s demikian sehingga pada mata bor tercipta sudut pengarah yang maksimal besarnya dan mengarah menuju ke pengecilan sudut kemiringan sumur.

Ditetapkan, bahwa sudut pengarah yang berpengaruh pada proses pengikisan dinding sumur bagian bawah akan semakin meningkat selaras dengan meningkatnya gaya yang dibebankan pada mata bor, dan semakin mengecil selaras dengan meningkatnya kecepatan putaran pipa bor. Makin besar sudut kemiringan laras sumur menyebabkan meningkatnya sudut pengarah— β dan gaya reaksi yang timbul pada mata bor. Misalnya untuk komponen pipa bor: 269,9 mm mata bor, 203 mm PBB 5 meter panjangnya, 259 mm sentrator, 203 mm PBB 75 meter panjangnya, 140 mm pipa bor, jumlah putaran pipa $n = 50$ putaran/menit, $P = 50$ kN, untuk

$a = 5^\circ$, gaya reaksi pada mata bor $R_o = 53$ N,

$a = 10^\circ$, gaya reaksi pada mata bor $R_o = 262$ N,

$a = 15^\circ$, gaya reaksi pada mata bor $R_o = 449$ N.

Perlu mendapat perhatian, bahwa pada waktu KPBB bersentrator bekerja, karakter perubahan gaya reaksi yang timbul pada mata bor, bergantung kepada perubahan jumlah putaran berputarnya pipa bor menuju ke pengecilannya, apabila yang terakhir besarnya meningkat. Sedangkan pada waktu bekerjanya KPBB tanpa sentrator menunjukkan gambaran yang berlawanan.

Gaya berat yang dibebankan kepada mata bor pada waktu bekerjanya KPBB bersentrator bekerja pada pengeboran sumur dengan sistem rotor, juga seperti halnya dengan pengeboran sistem turbin tidak memberikan pengaruh kepada gaya reaksi yang timbul pada mata bor.

Berdasarkan hasil penelitian, di pengeboran sumur miring-berarah yang bersudut kemiringannya $a = 5^\circ$, ditunjukkan bahwa dengan tujuan memperkecil sudut kemiringannya perlu dipasang sentrator pada jarak $L_s = 8 - 10$ meter dari mata bor, dengan gaya yang dibebankannya $P = 50 - 150$ kN. Dalam hal ini jumlah putaran pipa dapat diatur di antara diapason $n = 50 - 150$ putaran/menit.

Rumus yang ditemukan untuk menghitung gaya reaksi, yang ditimbulkan pada mata bor diungkapkan seperti berikut :

$$R_o = (f_a (s_1 P L_1^2 + s_2 q L_1^3 \cos a - s_3 q f_B L_1^2 \sin a + s_4 q w^2 L_1^4 / g) + s_5 q L_1^4 \sin a + s_6 q l_1^3 f_B \cos a) / L^3 \quad (7)$$

dimana :

- f_B — setengah daripada selisih diameter mata bor dan pipa bor;
- f_A — setengah daripada selisih diameter sentrator dan pipa bor;
- L_1 — jarak dari sentrator sampai pada titik singgung pipa bor dengan dinding sumur bagian bawah, yang besarnya dapat dihitung menurut rumus yang ditemukan berikut :

$$\sum_{i=0}^4 a_i L_1^i = 0 \quad (8)$$

dimana :

- $a_0 = k_7 E l f_A ; a_1 = 0;$
- $a_2 = k_1 P f_A + k_3 q f_A f_B \sin a;$
- $a_3 = k_2 q f_A \cos a + k_6 q f_B \cos a ;$
- $a_4 = k_4 q w^2 f_A / g + k_5 q \sin a.$

disini : $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7,$ — koefisien tetap yang tidak berukuran, yang besarnya selalu berubah-ubah bergantung kepada bilangan pecahan: $z = L_o / L_1$, misalnya untuk $z = 0,45$.

maka:

- $s_1 = 0,3470; s_2 = -1,8204; s_3 = -1,2554;$
- $s_4 = -0,0356; s_5 = -0,0159; s_6 = -0,0196;$
- $k_1 = -0,1666; k_2 = -0,9325; k_3 = -0,6410;$
- $k_4 = -0,1342; k_5 = -0,0677; k_6 = -0,0467; k_7 = 2,6102.$

Berkat dimilikinya rumus-rumus (7) dan (8), ditunjukkan adanya kemungkinan mengadakan perhitungan KPBB yang banyak diperlukan dan dipakai di praktek, bahkan pada suatu ketika pada waktu tidak adanya mesin hitung elektronika (komputer).

Besarnya sudut pengarah dapat dihitung menurut rumus (6). Seperti apa yang ditunjukkan di atas, telah dilakukan perhitungan dan dilukiskan dalam bentuk grafik fungsi daripada $R_o = f(L_s)$, $B = f(L_s)$ untuk komponen pipa bor: 269,9 m Mata bor, 203 mm PBB, 259 mm sentrator, 203 mm PBB, 140 mm pipa bor, berdasarkan hasil penghitungannya telah dipilih KPBB yang diperlukan dan ditunjukan untuk memperkecil sudut kemiringan atau untuk menanggulangi kebengkokan sumur vertikal.

KESIMPULAN POKOK DAN REKOMENDASI.

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, telah diciptakan langkah-langkah teknologis di dalam pencegahan dan penanggulangan kebengkokan sumur vertikal, dan juga interval vertikal daripada sumur miring-berarah berumpun, yang berarti memberikan garanti dalam menaikkan mutu penggaliannya, dimana telah mendapatkan keuntungan ekonomi sebesar 150,50 ribu rubbels mata uang USSR (kira-kira 200 juta rupiah mata uang RI) dari efek penggunaannya.
2. Telah diteliti karakter daripada pengaruh faktor teknologis (gaya beban) yang sangat ruwet sifatnya terhadap kebengkokan sumur vertikal pada pengeborannya dengan sistem turbin dan rotor. Ditunjukkan pengaruh gaya yang dibebankan pada mata bor pada arah dan bilangan keintensifan perubahan sudut kemiringan dan juga sudut azimut.
3. Ditunjukkan perubahan sudut azimut yang berbelok-belok pada perubahan sudut kemiringan laras sumur yang relatif masih kecil besarnya. Dengan meningkatnya sudut kemiringan lebih dari 12° , maka sudut azimut laras sumur tampak menunjukkan kestabilannya. Ini berarti akan menyebabkan bertambahnya biaya yang besar pada waktu membetulkan traektori dan tercapainya kevertikalan laras sumur. Untuk tujuan itu direncanakan-diciptakan KPBB, yang mampu meniadakan kebengkokan laras sumur yang stereometris bentuknya.
4. Diusulkan metoda untuk menghitung gaya kritis, yang dibebankan pada mata bor pada pengeboran dengan sistem rotor, yang mampu menilai pengaruh faktor teknologis secara kwantitatif kepada kekuatan pipa bor bawah. Dilakukan perhitungan dan pemilihan KPBB bertanggung dengan diameter dan kekuatan pelengkung membesar dari mata bor ke atas, tanpa menggunakan peralatan stabilisator pada pengeboran sumur vertikal dengan sistem rotor yang tidak dikendalikan.

5. Ditetapkan adanya kemungkinan kemampuan memperkecil sudut kemiringan dengan memakai KPBB berperlengkapan sentrator pada pengeboran sistem rotor yang tidak dikendalikan dan diciptakannya metoda, yang mampu dapat dipergunakan untuk menghitung dan memilih parameter pipa bor bawah untuk maksud tujuan tersebut.

KEDUDUKAN POKOK DISERTASI DIUMUMKAN PADA KARYA ILMIAH BERIKUT :

1. M.P. Gulizade, S.A. Oganov, Sudyarto, M.Yu. Askerov. Peneliti kerja komponen instrumen bor bawah bertanggung pada pengeboran sumur vertikal. — "Karangan ilmiah", No. 3, 1974, halaman 13 — 16.
2. Sudyarto, A.A. Ismailova. — Penelitian kerja komponen pipa bor bawah (KPBB) dengan pemasangan dua buah sentrator padanya di pengeboran sumur miring-berarah dengan sistem rotor. — "Tesis materi konferensi Ilmu Pengetahuan Uni Soviet tentang pengeboran sumur miring-berarah", Baku, 1978, halaman 44.
3. Sudyarto, E.S. Sakovich, A.G. Agaev. — Perencanaan-penciptaan KPBB, yang dipergunakan untuk menanggulangi kebengkokan sumur vertikal karena alamiah pada pengeboran sistem rotor. — "Tesis materi konferensi Ilmu Pengetahuan Uni Soviet tentang pengeboran sumur miring-berarah", Baku, 1978, halaman 44 — 45.
4. Sudyarto. — Penelitian kerja pipa bor bawah di pengeboran sumur miring-berarah dengan sistem rotor. — "Kumpulan thema karya ilmiah", Baku, 1981, halaman 81 — 83.