

## Implementasi DAI5: *Framework* penyelesaian masalah berbasis *conscious thinking* pada studi kasus mekanika fluida

Ahmad Indra Siswantara<sup>a,1</sup>, M. Hilman Gumelar Syafei<sup>a,c</sup>, Illa Rizianiza<sup>a,b</sup>, Adi Syuriadi<sup>a</sup>, Mohammad Arif Andira<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kota Depok, 16424

<sup>b</sup>Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan, Kota Balikpapan, 76127

<sup>c</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, 50229

<sup>d</sup>PT. CCIT Group Indonesia, Kota Depok, 16425

<sup>1</sup>a\_indra@eng.ui.ac.id

### ABSTRACT

This paper discusses the application of the “DAI5” framework to solve the case study of fluid mechanics. The case studies are a simple flow case in a circular pipe. The DAI5 Framework consists of Intention, Initial Thinking, Idealization, and Instruction Set. The intention and purposes of the case study are determined at the Intention step. The intentions is determined based on the subjectivity factor. At the stage of Initial Thinking, a comprehensive understanding of the the case studies was carried out and involving momentum conservation principle. At the stage of idealization, a simplification of the problem is carried out through appropriate approaches and assumptions, according to the specific conditions of the solved flow. Finally, the Instruction Set phase, which is to compile concrete problem-solving steps through structured solution algorithms. This phase depends on the idealization performed in the previous step. By implementing this DAI5 approach, the problem-solving process becomes more valuable, comprehensive, structured and effective because it involves all aspects of brainware (brain) and heartware (heart), thus enabling better results. This DAI5 approach is also expected to help understand the context of the problem to be solved in-depth and interpret it as a problem.

**Keywords:** conscious, intention, brainware, heartware, problem solving

**Received** 2 September 2024; **Presented** 2 Oktober 2024; **Publication** 20 Januari 2025

### PENDAHULUAN

Kurikulum berbasis *Outcome Based Education* (OBE) merupakan kurikulum pembelajaran yang berfokus pada *outcome*. Kurikulum OBE diharapkan menjadi kurikulum yang dapat mengasah kemampuan berpikir logis, kritis, dan inovatif[1]. Kemampuan-kemampuan tersebut juga diperlukan untuk melakukan proses penyelesaian masalah (*problem solving*) dalam berbagai bidang. Kemampuan *problem solving* memiliki korelasi yang cukup erat dengan berpikir kritis meliputi keterampilan analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan[2]. Saat ini terdapat beberapa metode *problem solving* yang telah diaplikasikan dalam dunia pendidikan. Proses *problem solving* melibatkan beberapa tahapan dalam diantaranya perumusan masalah, penelaahan masalah, perumusan hipotesis, dan pengumpulan data [3]. Proses *problem solving* memiliki beberapa indikator meliputi pendefinisian masalah, analisis masalah, perumusan strategi, penerapan strategi dan evaluasi kegiatan [4]. Selain itu juga terdapat *framework problem solving* yang saat ini sudah banyak diimplementasikan di industri. Konsep “*best practice*” menunjukkan bahwa metode yang paling baik

diterapkan di suatu perusahaan, memungkinkan juga untuk bisa diimplementasikan di perusahaan lain [5]. Beberapa framework untuk *problem solving* yang dikenal saat ini diantaranya DMAIC (Define - Measure - Analyze - Improve - Control). DMAIC merupakan pendekatan langkah demi langkah yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah sederhana dan kompleks [6]. Setiap langkah dalam DMAIC memiliki tujuan yang spesifik yaitu mendefinisikan masalah, mengumpulkan data yang relevan, menganalisis data dan melakukan *root cause analysis*, menyusun dan mengembangkan solusi, mengendalikan proses baru untuk memastikan perbaikan berkelanjutan [7].

Metode DMAIC telah diimplementasikan pada berbagai sektor seperti di industri [8]–[10] dan pendidikan [11]. Metode DMAIC telah digunakan untuk menganalisa dan menyelesaikan masalah suara dengungan yang dihasilkan dari kipas angin[8]. Masalah tersebut mengakibatkan banyaknya barang *reject* dan nilai proses bisnis yang rendah. Melalui DMAIC, penyebab utama dari masalah tersebut dapat terdeteksi serta solusi dari permasalahan tersebut dapat meningkatkan nilai dari proses penjualan kipas angin tersebut. DMAIC juga digunakan untuk meningkatkan produktivitas industri manufaktur

kompor gas [9] dan meningkatkan performa pompa [10]. Di sektor pendidikan, metode DMAIC telah diimplementasikan pada sekolah vokasional [11].

Selanjutnya pendekatan PDCA, yang merupakan proses siklus yang berfokus pada perbaikan berkelanjutan dan melibatkan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan penyesuaian, untuk meningkatkan proses secara terus-menerus [12]. PDCA merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan [13]. Pemilihan metode *problem solving* tergantung pada beberapa hal diantaranya kompleksitas dan sifat masalah yang dihadapi sehingga pemilihan ini harus dilakukan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Sehingga pemecahan masalah dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif. Tiga poin yang harus diperhatikan dalam penyelesaian masalah adalah tujuan, informasi yang ada dan langkah penyelesaian [14]. Metode PDCA juga telah diimplementasikan pada berbagai bidang/sector industri [15], [16], riset [17], [18]

Berdasarkan penjelasan framework pada *problem solving* pada paragraf sebelumnya, disimpulkan bahwa belum ada framework yang melibatkan niat dan menggunakan kesadaran tentang eksistensi adanya Tuhan dalam menyelesaikan permasalahan. Sehingga pada paper ini diperkenalkan framework baru untuk *problem solving* yang disebut DAI5. Metode DAI5 merupakan pendekatan *conscious thinking* yang menggunakan kesadaran secara penuh, dengan diawali niat yang berlandaskan nilai-nilai, pengalaman, dan keyakinan dalam melakukan penyelesaian masalah. Tahapan DAI5 terdiri dari Intention, Initial Thinking, Idealization dan Instruction Set. DAI5 juga mengintegrasikan antara *hardware*, *brainware*, *software* (hasil pemikiran) dan *heartware* (kalbu).

Studi ini akan membahas mengenai implementasi Metode DAI5 dalam studi kasus permasalahan pada mekanika fluida: aliran dalam pipa. Setiap tahapan dalam metode DAI5 dalam menyelesaikan studi kasus akan dibahas secara terperinci. Pembahasan pada studi ini dapat memberikan gambaran dan contoh yang jelas dalam mengimplementasikan metode DAI5 ini serta dapat menjadi acuan bagi pihak lain yang ingin mengimplementasikan DAI5 di sektor/bidang lainnya.

## FRAMEWORK DAI5

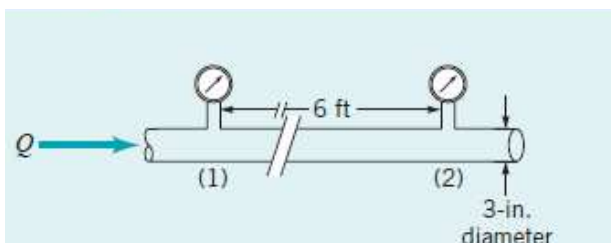
DAI5 merupakan implementasi dari *framework* yang disebut dengan *Conscious thinking*. Framework ini merupakan framework baru (*novel framework*) dalam penyelesaian masalah yang dikembangkan dari Framework *Computational thinking*. Hal dasar yang menjadi pembeda pada *conscious thinking* adalah

adanya kesadaran penuh (*conscious*) didalam melakukan proses penyelesaian masalah. Terdapat dua buah perangkat *Conscious thinking* ini yaitu *brainware* dan *heartware*. Menurut Jason *heartware* dalam praktik sosial ekonomi dan budaya adalah konsep yang mencakup dimensi manusia seperti interaksi sosial, kegiatan ekonomi, dan nilai-nilai budaya [12]. Interaksi sosial ini memahami bagaimana interaksi antar manusia dan lingkungannya sehingga terbentuk perilaku, komunitas dan lingkup social. Hal ini dapat menciptakan aktivitas ekonomi yang mendukung kehidupan bermasyarakat serta membentuk tradisi, budaya dalam rangka pemenuhan kebutuhan. Sedangkan *heartware* dalam *conscious thinking* ini mengacu pada sila pertama pada dasar Negara Indonesia, yaitu “ketuhanan yang maha esa”. *Heartware* cenderung bersifat *subyektif* meliputi nilai, pengalaman, rasa, serta keagamaan, sehingga penggunaannya memiliki arah yang jauh lebih jelas didalam menyelesaikan suatu masalah. Perangkat lainnya dalam *conscious thinking* adalah *brainware*. *Brainware* mengacu pada kemampuan/kapasitas dalam berfikir meliputi kemampuan berpikir analitis, berfikir logis, dan berfikir kreatif. *Brainwater* pemahaman dasar seseorang terhadap fenomena/masalah akan diselesaikan. Pemahaman ini bukan hanya kemampuan mengetahui langkah-langkah teknis untuk menyelesaikan masalah tetapi juga harus memahami permasalahan secara komprehensif agar nantinya diperoleh solusi permasalahan yang tepat. *Conscious thinking* memiliki dasar falsafah yang dikenal dengan “I am my consciousness” dan terbagi menjadi empat tahapan dalam implementasinya. Dasar falsafah dan tahapan-tahapan dalam *conscious thinking* inilah yang melahirkan metode DAI5. Tahapan DAI5 terdiri dari empat tahap yaitu: 1) *intentions*, 2) *initial thinking*, 3) *idealizations*, 4) *Instruction set*. *Intentions* adalah langkah pembuka dalam metode DAI5. Sebelum berfokus kepada cara menyelesaikan suatu masalah, perlu ditentukan terlebih dahulu tujuan/objective dari penyelesaian masalah yang akan dilakukan dan hal tersebut dilakukan pada langkah pertama ini. Langkah ini dipengaruhi oleh faktor subyektifitas dari setiap penggunaannya yang meliputi nilai-nilai, norma-norma, keyakinan, dan pengalaman dari setiap individu. Langkah berikutnya adalah *initial thinking*. Pada langkah ini, permasalahan yang akan diselesaikan harus dipahami terlebih dahulu secara komprehensif dan terstruktur, serta memahami bagaimana sifat alamiah yang terkait dengan permasalahan tersebut. Setelah memahami permasalahan secara utuh, berikutnya adalah melakukan Idealisasi yang dilakukan pada langkah *idealizations*. Langkah ini dimaksudkan untuk melakukan idealisasi dari

permasalahan yang akan diselesaikan dengan melakukan asumsi-asumsi, pendekatan, dan penyederhanaan yang dapat menghasilkan pemodelan yang dapat diselesaikan. Tentunya, jika permasalahan yang ada tidak diidealisasikan, tentu akan sangat kompleks dan sulit untuk diselesaikan. Setelah memperoleh model penyelesaian yang akan diselesaikan, langkah terakhir pada metode penyelesaian Concious thinking adalah intruction set, yaitu melakukan penyelesaian melalui langkah-langkah yang terstruktur. Langkah-langkah penyelesaian harus dilakukan secara terstruktur dan tepat agar memperoleh hasil penyelesaian yang tepat.

### STUDI KASUS

Sirup jagung mengalir dengan debit alir  $Q = 0.5 \text{ ft}^3/\text{s}$  pada sebuah pipa horizontal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 diatas. Aliran tersebut dimonitor dengan mengukur tekanan dari dua titik yang berbeda sebagaimana ditunjukkan pada gambar. Kondisi temperatur sirup berada pada temperatur  $100^\circ\text{F}$ . Nilai viskositas dan densitas dari sirup dapat dilihat secara berturut turut sebesar  $2.05 \text{ slugs}/\text{ft}^3$  dan  $3.8 \times 10^{-3} \text{ lb. s}/\text{ft}^2$ .



Gambar 1. Studi kasus aliran sirup dalam pipa

Pertanyaannya adalah berapakah penurunan tekanan aliran sirup pada kasus tersebut? Maka penyelesaian dari kasus diatas dengan metode DAI5 dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada section sebelumnya.

#### 1. Intentions

Pada langkah ini, perlu ditentukan terlebih dahulu niat dan tujuan dari penyelesaian permasalahan yang akan diselesaikan. Sebelumnya telah dijelaskana bahwa *intentions* ini sangat bergantung kepada faktor *subyektifitas* dari penggunaannya. Sebagai contoh, seluruh warga negara indonesia sudah sepatutnya berpegang kepada nilai-nilai yang terkandung pada dasar dan Ideologi negara Indonesia yaitu Pancasila. Dan sila pertama didalam Pancasila adalah Ketuhanan yang Maha Esa. Berdasarkan nilai tersebut, *intentions* atau niat dalam menyelesaikan permasalahan pada kasus ini adalah untuk mencari Ridho Tuhan yang maha esa (For the sake of God). Selain itu, tujuan

lainnya adalah agar dapat mengerti dan memahami, serta menambah pengetahuan mengenai ilmu mekanika fluida.

#### 2. Initial thinking

Pada tahap ini, permasalahan yang akan diselesaikan harus dipahami terlebih dahulu secara komprehensif. Pada kasus aliran dalam pipa ini, secara umum bisa dipahami bahwa ada aliran fluida yang mengalir didalam sebuah pipa. Adanya aliran yang mengalir didalam sebuah pipa diakibatkan oleh adanya perbedaan tekanan antara dua ujung pipa atau perbedaan posisi ketinggian yang menghasilkan sebuah energi yang dapat mengalirkan fluida. Karakteristik aliran didalam pipa dipengaruhi oleh beberapa faktor. Misalnya, aliran dalam pipa yang mengalirkan air di sebuah rumah tentu berbeda tentu berbeda dengan karakteristik aliran didalam pipa yang mengalirkan uap panas dari boiler menuju turbin uap pada sebuah pembangkit listrik tenaga uap. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, diantaranya yaitu jenis fluida yang dialirkan dan juga kondisi operasinya. Jenis fluida yang dimaksud meliputi properties dari fluida (voskositas, densitas, dan sebagainya) yang digunakan serta sifat mampu-mampat fluida tersebut. Adapun kondisi operasional meliputi debit yang digunakan, sumber energi yang mengalirkan fluida (pompa atau perbedaan ketinggian), temperatur, dan lain-lain. Selain itu, aliran dalam pipa sejatinya juga dipengaruhi oleh gaya gesek antara fluida dengan dinding pipa, yang mana pengaruh dari gesekan tersebut tidak bisa diabaikan. Untuk menganalisa aliran fluida, perlu dianggap bahwa aliran fluida bersifat kontinu. Hal ini karena sangat sulit dan hampir tidak mungkin jika setiap partikel fluida dianalisa secara diskrit dan dihitung dinamikanya dengan menggunakan hukum newton II. Maka, aliran fluida dapat dinalisa dengan menganggap bahwa aliran fluida bersifat kontinyu. Aliran fluida dapat digambarkan dengan dua prinsip dasar, yaitu konservasi masa dan konservasi momentum. Dua prinsip dasar ini dapat digambarkan melalui persamaan atur konservasi momentum yang dapat dituliskan sebagai berikut:

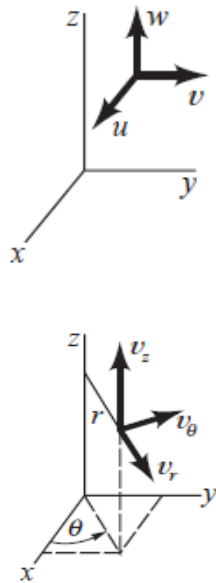
$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u u) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{mx} \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v u) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{ grad } v) + S_{my} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w u) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{ grad } w) + S_{mz} \quad (3)$$

Untuk analisis aliran pada pipa, persamaan konservasi momentum lebih baik ditulis dalam koordinat silinder.

Hubungan antara koordinat silinder dan koordinat kartesius dapat digambarkan melalui Gambar 2.



Gambar 2. (a) Sistem koordinat kartesius, dan (b) sistem koordinat silinder

Persamaan konservasi momentum dalam koordinat silinder untuk arah  $r$ ,  $\theta$ , dan  $z$  dapat ditulis secara berturut-turut sebagai berikut:

$$\rho \left( \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) \quad (4)$$

$$= -\frac{\partial p}{\partial r} + \rho g_r + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{v_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right]$$

$$\rho \left( \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) \quad (5)$$

$$= -\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \rho g_\theta + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} \right) - \frac{v_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right]$$

$$\rho \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \quad (6)$$

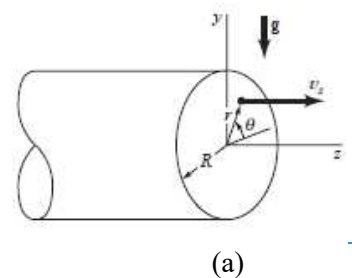
$$= -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right]$$

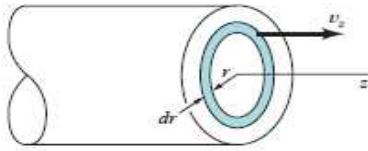
Persamaan-persamaan tersebut menjadi persamaan dasar yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran fluida, khususnya aliran fluida pada kasus aliran didalam pipa.

### 3. Idealizations

Setelah memahami dan memperoleh gambaran mengenai kasus yang akan diselesaikan secara menyeluruh, langkah selanjutnya adalah melakukan idealisasi. Proses idealisasi ini ditujukan agar proses penyelesaian masalah dapat disederhanakan dan dapat diselesaikan secara efektif dengan melakukan suatu pendekatan atau suatu asumsi-asumsi yang dapat dipretanggung jawabkan. Pada kasus aliran di studi ini, beberapa asumsi yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- Kecepatan aliran sangat didominasi oleh aliran ke arah aksial (arah  $z$ )  $u_z$ , sehingga dapat diasumsikan bahwa komponen kecepatan aliran  $v_r$  dan  $v_\theta$  bernilai 0.
- Aliran diasumsikan dalam kondisi fully developed dengan regime aliran laminar. Oleh karena itu, profil kecepatan aliran di sepanjang pipa diasumsikan tidak berubah/konstan.
- Aliran juga dapat diasumsikan tidak mengalami perubahan temperature di sepanjang pipa karena tidak ada sumber energi panas, sehingga aliran dapat diasumsikan bersifat iso-thermal.
- Aliran juga diasumsikan dalam keadaan tunak. Sehingga, aliran tidak mengalami perubahan terhadap waktu.
- Aliran fluida yang mengalir didalam pipa biasanya adalah air ataupun udara yang kecepatannya relatif rendah, dengan temperature ruangan. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa aliran bersifat incompressible dan tidak ada perubahan densitas fluida yang terjadi di sepanjang pipa.
- Aliran fluida tidak mengalami slip atau no-slip condition, yang artinya bahwa kecepatan aliran fluida di dinding pipa adalah 0.
- Karena luas penampang pipa konstan, maka aliran dapat diasumsikan seragam (kecepatan aliran konstan disepanjang pipa)





Gambar 3. (a) sistem koordinat siliner pada aliran dalam pipa dan (b) ilustrasi aliran pada sebuah bagian lingkaran anular pada pipa

Dengan idealisasi dan asumsi yang digunakan, maka persamaan konservasi Momentum untuk kasus aliran yang akan diselesaikan pada studi ini dapat disederhanakan secara analitis sebagai berikut:

$$\rho \left( \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_x}{\partial \theta} - \frac{v_x^2}{r} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial r} + \rho g_r + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_x}{\partial r} \right) - \frac{v_x}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_x}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_x}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right] \quad (7)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_x v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \rho g_\theta + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} \right) - \frac{v_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right] \quad (8)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right] \quad (9)$$

Persamaan yang telah disederhanakan dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$0 = - \frac{\partial p}{\partial r} - \rho g \sin(\theta) \quad (10)$$

$$0 = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} - \rho g \cos(\theta) \quad (11)$$

$$0 = - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right] \quad (12)$$

Yang mana  $g_r = -g \sin \theta$  dan  $g_\theta = -g \cos \theta$ . Persamaan 10 dan persamaan 11 dapat diintegrasikan dan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$p = -\rho g (r \sin(\theta)) + f_1(z) \quad (13)$$

$$p = -\rho g y + f_1(z) \quad (14)$$

Persamaan tersebut mengindikasikan bahwa tekanan pada penampang di suatu titik pada pipa terdistribusi

secara hidrostatik (berubah terhadap arah vertical y). Untuk persamaan 12 hasil integrasinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$r \frac{\partial v_z}{\partial r} = \frac{1}{2\mu} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) r^2 + c_1 \quad (15)$$

Lalu apabila diintegrasikan kembali, akan menghasilkan persamaan kecepatan  $v_z$  sebagai berikut:

$$v_z = \frac{1}{4\mu} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) r^2 + c_1 \ln \ln r + c_2 \quad (16)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa distribusi kecepatan  $v_z$  nilainya bergantung pada lokasi  $r$  dari titik pusat. Namun, pada titik pusat pipa ( $r = 0$ ), nilai  $\ln \ln (r)$  akan menghasilkan nilai tak hingga ( $\ln \ln 0 = -\infty$ ). Sedangkan kecepatan aliran pada titik pusat nilainya harus terhingga dan tidak mungkin mencapai nilai tak hingga. Oleh karena itu, nilai  $c_1 = 0$  supaya nilai kecepatan aliran di titik pusat dapat memiliki nilai berhingga. Maka persamaan 16 dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$v_z = \frac{1}{4\mu} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) r^2 + c_2 \quad (17)$$

Dengan asumsi bahwa tidak ada slip pada dinding, maka kecepatan fluida yang berada pada dinding ( $r = R$ ) nilainya 0. Untuk memenuhi hal tersebut maka nilai  $c_2 = -\frac{1}{4\mu} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) R^2$ . Sehingga, persamaan  $v_z$  dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$v_z = \frac{1}{4\mu} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) (r^2 - R^2) \quad (18)$$

Karena penurunan tekanan terhadap arah aliran  $\frac{\partial p}{\partial z}$  proposional dengan penurunan tekana di sepanjang pipa  $l$ , maka korelasinya dapat ditulis sebgai berikut:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\Delta p}{l} \quad (19)$$

Dari persamaan profil kecepatan  $v_z$  dapat diketahui bahwa profil kecepatan pada penampang pipa berbentuk parabolic, dimana kecepatan tertinggi berada pada pusat pipa ( $V_c$ ). Bentuk persamaan 18 dapat diubah menjadi bentuk alternatifnya sebagai berikut:

$$v_z = \frac{R^2}{4\mu} \left( -\frac{\Delta p}{l} \right) \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] = \frac{D^2}{16\mu} \left( -\frac{\Delta p}{l} \right) \left[ 1 - \left( \frac{2r}{D} \right)^2 \right] = V_c \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (20)$$

Yang mana  $V_c = \frac{D^2}{16\mu} \left(-\frac{\Delta p}{l}\right)$ . Persamaan 20 Dapat diintegrasikan dengan area  $dA = (2\pi r)dr$  untuk menghitung debit aliran sebagai berikut:

$$dQ = \int v_z dA = \int_{r=0}^{r=R} u_z 2\pi r dr = 2\pi V_c \int_0^R \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] r dr$$

$$Q = \frac{\pi R^2 V_c}{2} \quad (21)$$

Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa dapat diperoleh dengan membagi debit dengan luas penampang pipa  $V = Q/A = Q/\pi r^2$  sehingga dihasilkan kecepatan rata-rata sebagai berikut:

$$V = \frac{\pi R^2 V_c}{2\pi R^2} = \frac{V_c}{2} = \frac{\pi D^2}{32\mu} \left(-\frac{\Delta p}{l}\right) \quad (22)$$

Hal yang perlu diperhatikan selanjutnya adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung penurunan tekanan yang terjadi disepanjang pipa. Persamaan... dapat dibagi dengan tekanan dinamik  $\rho V^2/2$  sebagai berikut:

$$\frac{-\Delta p}{\frac{1}{2}\rho V^2} = \frac{32\mu l V/D^2}{\frac{1}{2}\rho V^2} = 64 \left(\frac{\mu}{\rho V D}\right) \left(\frac{l}{D}\right) = \frac{64}{Re} \left(\frac{l}{D}\right) \quad (23)$$

Dimana  $Re = \frac{\rho V D}{\mu}$  adalah Reynolds Number. Persamaan 23 dapat ditulis ulang menjadi:

$$-\Delta p = f \frac{l}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (24)$$

Tanda negatif di depan suku  $\Delta p$  menandakan bahwa nilai penurunan tekanan akan bernilai negatif. Variabel  $f$  dikenal sebagai bilangan tak berdimensi friction factor. Berdasarkan persamaan 23 dan persamaan 24, maka nilai friction factor aliran laminar dalam pipa secara sederhana adalah:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (25)$$

#### 4. Intructions set

Langkah ini adalah langkah terakhir dalam DAI-5 frame work. Pada langkah ini, langkah-langkah/ algoritma penyelesaian kasus secara terstruktur dapat disusun setelah melakukan idealisasi pada langkah sebelumnya. Untuk kasus ini, langkah-langkah penyelesaian dari kasus permasalahan yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat disusun sebagai berikut:

- Mengumpulkan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung penurunan tekanan yang dibutuhkan.

Berdasarkan persamaan 23, beberapa variabel yang dibutuhkan untuk menghitung penurunan tekanan diantaranya adalah variabel properties fluida meliputi densitas dan densitas sirup, variabel geometri meliputi diameter pipa dan panjang pipa, serta variabel aliran yang direpresntasikan dengan debit aliran.

- Langkah berikutnya adalah mengkonversi satuan dari variabel yang diketahui menjadi satuan yang sesuai dengan satuan standar SI. Variabel dan hasil konversi standar diberikan melalui tabel berikut:

Variabel	Nilai dengan Satuan awal	Nilai dengan Satuan SI
Denistas ( $\rho$ )	2.05 <i>slugs/ft<sup>3</sup></i>	1056,53 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas ( $\mu$ )	$3.8 \times 10^{-3}$ <i>lb.s/ft<sup>2</sup></i>	0,182 Pa.s
Diameter pipa ( $D$ )	3 inch	0,0762 m
Panjang pipa ( $l$ )	6 ft	1,83 m
Debit ( $Q$ )	0.5 ft <sup>3</sup> /s	0,0142 m <sup>3</sup> /s

- Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Reynolds Number. Namun, kecepatan rata-rata aliran perlu dihitung terlebih dahulu dengan rincian sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0142 \text{ m}^3/\text{s}}{2\pi \frac{(0,0762 \text{ m})^2}{4}} = 3,11 \text{ m/s}$$

- Setelah itu, nilai Reynolds Number dapat dihitung sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1056,53 \cdot 3,11 \cdot 0,0762}{0,182} = 1377,377$$

nilai  $Re < 2100$  yang mana ini menunjukkan bahwa aliran tersebut adalah aliran laminar.

- Setelah memperoleh Reynolds Number dan mengetahui bahwa rejim aliran berapa laminar, maka nilai friction factor dapat dihitung berdasarkan Pers... sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1377,377} = 0,0465$$

- Sehingga, nilai pressure drop dari aliran tersebut dapat dihitung dengan persamaan 24 sebagai berikut:

$$-\Delta p = f \frac{l \rho V^2}{D \cdot 2} = 0,0465 \frac{1,83 \cdot 1056,53 (3,11^2)}{0,0762 \cdot 2} = 5715,46 \text{ N/m}^2$$

Yang mana tanda negatif mengindikasikan bahwa pressure drop merupakan penurunan nilai tekanan

Implementasi framework DAI-5 dalam penyelesaian studi kasus Mekanik Fluida sederhana memberikan informasi yang sangat mendalam dan mendasar, disertai dengan kesadaran akan tujuan dari penyelesaian studi kasus tersebut. Selain itu, DAI5 ini juga dapat memberikan pengalaman belajar yang jauh lebih komprehensif dan mendalam walaupun hanya dari kasus yang sederhana. Permasalahan mekanika fluida yang dinilai sederhana dapat menghasilkan proses yang mengandung nilai-nilai pembelajaran yang kuat dan mendalam karena proses penyelesaian didahului dengan proses intentions. Proses intentions ini membuat proses penyelesaian menjadi lebih bernilai secara subyektif berdasarkan masing-masing pengalaman dan nilai yang dimiliki oleh penggunaannya. Sehingga pengguna Metode DAI 5 ini akan memiliki landasan dasar dan motivasi yang kuat dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Metode DAI5 juga menghasilkan pembelajaran yang lebih komprehensif melalui tahap initial thinking dan idealization. Dengan dua tahap tersebut, pengguna akan memahami permasalahan secara menyeluruh, diawali dengan proses pemahaman terhadap konteks dan gambaran besar dari kasus permasalahan, hukum-hukum dasar yang terlibat dalam permasalahan tersebut, serta idealisasi yang dapat digunakan untuk menyederhanakan proses penyelesaian dengan asumsi-asumsi yang diterapkan. Metode DAI5 juga memberikan proses penyelesaian masalah yang terstruktur melalui tahapan terakhir, yaitu tahapan Instruction set. Pengguna akan dilatih untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang telah dipahami secara terstruktur melalui penyusunan algoritma/langkah-langkah penyelesaian yang terstruktur. Oleh karena itu, penggunaan metode DAI5 dapat menghasilkan proses pembelajaran yang lebih bernilai, komprehensif, dan terstruktur, serta dapat diimplementasikan diberbagai bidang.

## KESIMPULAN

Metode DAI5 di implementasikan dalam penyelesaian kasus permasalahan mekanika fluida sederhana pada studi ini. Kasus permasalahan aliran dalam pipa sederhana diselesaikan melalui 4 tahapan yang ada pada metode DAI5 meliputi initial thinking, problem definitions, idealizations, dan instruction set. Metode DAI5 memberikan proses penyelesaian permasalahan dengan lebih bernilai, komprehensif, dan terstruktur. Proses penyelesaian menjadi lebih bernilai karena diawali dengan intention, yang mana secara subjektif dari masing-masing penggunaannya akan menemukan dasar dan motivasi yang kuat dalam menyelesaikan permasalahan. Proses penyelesaian dengan metode DAI5 juga memberikan proses pembelajaran yang lebih komprehensif melalui tahapan initial thinking dan idealizations. Proses penyelesaian juga dapat dilakukan secara terstruktur melalui tahapan instructions set pada tahap terakhir dari metode DAI5. Namun demikian, penggunaan metode DAI5 dalam proses penyelesaian masalah masih cukup asing dan kurang familiar di sosial masyarakat. Sehingga, kedepannya perlu dilakukan studi dan assesment lanjut dalam menerapkan metode DAI5 ini diberbagai aplikasi/bidang dan konteks lainnya dalam rangka memperkenalkan dan mempertajam aplikasi metode DAI5 ini di berbagai bidang yang spesifik.

## KONTRIBUSI PENULIS

Ahmad Indra Siswantara: memberikan ide topik paper, mereview dan menganalisis paper  
 Illa Rizianiza: menulis paper  
 M. Hilman Gumelar: menulis paper  
 Adi Syuriadi: menulis paper  
 Mohammad Arif Andira : mereview dan menganalisis paper

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Junaidi and D. Wulandari, "Buku panduan penyusunan kurikulum pendidikan tinggi di era industri 4.0 untuk mendukung merdeka belajar-kampus merdeka." Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2020.
- [2] M. Knöpfel, M. Kalz, and P. Meyer, "General Problem-solving Skills Can be Enhanced by Short-time Use of Problem-Based Learning (PBL)," *J. Probl. Based Learn. High. Educ.*, 2024.
- [3] C. Chotimah and M. Fathurrohman, "Paradigma baru sistem pembelajaran." Ar-Ruzz Media, 2018.

- [4] J. H. Holland, *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press, 1992.
- [5] J. Ferreira, P. F. Sousa, and A. Tereso, "Problem-solving practices in the automotive industry: an initial framework," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 239, pp. 429–436, 2024.
- [6] R. K. Phanden, A. Sheokand, K. K. Goyal, P. Gahlot, and H. I. Demir, "8Ds method of problem solving within automotive industry: Tools used and comparison with DMAIC," *Mater. Today Proc.*, vol. 65, pp. 3266–3272, 2022.
- [7] Q. Silva, E. Lourenço, and C. I. Martins, "Application of DMAIC method in an industrial case study," 2020.
- [8] R. Ahammed and M. Z. Hasan, "Humming noise reduction of ceiling fan in the mass production applying DMAIC-six sigma approach," *World J. Eng.*, vol. 18, no. 1, pp. 106–121, 2021.
- [9] R. Chandel and S. Kumar, "Productivity enhancement using DMAIC approach: a case study," *Int. J. Enhanc. Res. Sci. Technol. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 112–116, 2016.
- [10] P. Gupta, K. Singh, A. K. Singh, and R. Kumar, "Pump performance improvement using DMAIC method for industrial application," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1116, no. 1, p. 12087.
- [11] A. S. Sandu and P. Sharma, "Implementation of DMAIC Methodology of Six Sigma in Vocational Education and Training for Quality Improvement," *Int. J. Adv. Res. Innov.*, vol. 8, no. 4, pp. 297–301, 2020.
- [12] R. D. Moen and C. L. Norman, "The History of the PDCA Cycle, proceedings from the Seventh Asian Network for Quality Congress," *Tokyo, Sept*, vol. 17, p. 2009, 2009.
- [13] P. Marksberry, J. Bustle, and J. Clevinger, "Problem solving for managers: a mathematical investigation of Toyota's 8-step process," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 22, no. 7, pp. 837–852, 2011.
- [14] L. E. Hardin, "Problem-solving concepts and theories," *J. Vet. Med. Educ.*, vol. 30, no. 3, pp. 226–229, 2003.
- [15] A. Realyvásquez-Vargas, K. C. Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutiérrez, and G. Ravelo, "Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 11, p. 2181, 2018.
- [16] M. Jagusiak-Kocik, "PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company-a case study," *Prod. Eng. Arch.*, vol. 14, no. 14, pp. 19–22, 2017.
- [17] A. A. Al-Bakoosh, Z. Ahmad, and J. Idris, "Implementation of the PDCA continuous improvement cycle (Plan-DO-Check-Act) as a tool for improving the quality of the cast AA5083 alloy produced in the foundry laboratory," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 884, no. 1, p. 12114.
- [18] Y. Guo, H. Gao, Z. Cai, S. Zhang, and F. Hu, "Continuous improvement of industrial engineering education based on PDCA method and structural importance," in *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2018, pp. 311–315.