

Seleksi Material Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process Dan Pugh

Gabriel Sianturi

Program Studi Teknik Industri Universitas Komputer Indonesia

Jalan Dipatiukur 112-116 Bandung

Email: gabeinct@yahoo.com

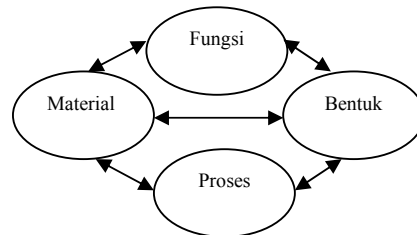
Abstrak Pada proses perancangan dan pengembangan produk, menseleksi material merupakan tugas penting yang memerlukan upaya pengambilan keputusan agar didapatkan material yang terbaik. Ketidakakuratan dalam memilih material dapat menyebabkan produk mengalami kegagalan menjalankan fungsinya sehingga perlu dirancang dan dimanufaktur kembali. Metode Analytical Hierarchy Process dan Pugh merupakan alat bantu untuk memecahkan persoalan pengambilan keputusan multi kriteria yang dapat digunakan untuk menseleksi material. Sebagai contoh penerapan kedua metode tersebut digunakan pada suatu studi kasus yaitu pemilihan material pompa air laut (*seawater pumps*) dengan kriteria-kriteria seleksi yang telah ditetapkan.

Keywords: seleksi material, analytical hierarchy process, pugh

Pendahuluan

Keberagaman jenis material yang ada dimasa kini mengakibatkan pemilihan material merupakan hal penting yang harus dilakukan terutama pada tahap awal perancangan dan pengembangan konsep produk. Setiap material mempunyai karakteristik, sifat, kekurangan dan kelebihan yang berlainan, membuat pemilihan material yang cocok untuk suatu produk menjadi tidak mudah. Pada saat memilih material diperlukan kriteria pemilihan atau atribut material yang tergantung pada persyaratan perancangan produk yang akan dibuat. Atribut material diantaranya adalah sifat fisik, sifat elektrik, sifat mekanik, sifat manufaktur, bentuk produk, harga material, recycleable, estetika, ketersediaan dan lain sebagainya [1]. Pada gambar 1 dapat dilihat pemilihan material tidak dapat dipisahkan dari bentuk produk, fungsi dan proses [2].

Memilih material diantara beberapa alternatif material dengan sejumlah kriteria adalah masalah pengambilan keputusan dengan banyak kriteria (*Multi Criteria Decision Making*) [1]. Dibutuhkan suatu alat bantu bagi pengambil keputusan agar dapat mengidentifikasi material berdasarkan kriteria yang ditetapkan sehingga material yang dipilih merupakan material yang optimum.



Gambar 1 Interaksi antara fungsi, material, proses dan bentuk

Analytic Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah salah satu *Multi Criteria Decision Making Method* yang berguna sebagai alat dalam analisis pengambilan keputusan. AHP adalah metode bagaimana mendapatkan suatu skala relatif dari suatu skala standar dengan menggunakan penilaian dan selanjutnya mengolah skala tersebut dengan menggunakan operasi aritmatika [3]. Penilaian dilakukan dalam bentuk perbandingan berpasangan. Pada metode AHP, suatu masalah multi kriteria yang kompleks diuraikan menjadi suatu hirarki, sehingga penilaian dapat terfokus secara terpisah pada setiap masalah yang diperlukan untuk menghasilkan suatu keputusan yang baik. Hirarki terdiri dari sejumlah level yaitu level tujuan sebagai level teratas dilanjutkan dengan level kriteria, level sub kriteria dan sub sub kriteria serta level yang terakhir yaitu level alternatif. Penilaian dilakukan dengan mengambil sepasang elemen dan

membandingkan kedua elemen terhadap suatu kriteria tanpa memperhatikan kriteria atau elemen lain. Hasil dari perbandingan ini akan membentuk matriks yang berciri positif dan berbalikan.

Gambar 2 menunjukkan struktur hirarki dari suatu studi kasus yaitu memilih material untuk pompa air laut. Garis antar level merupakan hubungan yang perlu dinilai dengan perbandingan berpasangan dengan arah ke level yang lebih tinggi. Level 1 merupakan tujuan penelitian yaitu memilih material dengan alternatif material yang ada pada level 3. Kriteria-kriteria pada level 2 dinilai dengan perbandingan berpasangan dengan memperhatikan tujuan permasalahan pada level 1.

AHP menggunakan dua jenis penilaian yaitu relatif dan absolut. Pada kedua jenis tersebut perbandingan berpasangan dibuat untuk mendapatkan prioritas kriteria dengan memperhatikan tujuan permasalahan. Pada pengukuran relatif perbandingan berpasangan dilakukan diseluruh hirarki termasuk pada level alternatif dengan memperhatikan kriteria di level yang lebih atas.

Pada AHP penilaian dilakukan menggunakan skala penilaian relatif yang diusulkan oleh Saaty [3] seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Skala Saaty

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Sama	Kedua elemen sama pentingnya
3	Moderat	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Kuat	Elemen yang satu lebih kuat pentingnya dibanding elemen lainnya
7	Sangat kuat	Elemen yang satu sangat lebih kuat pentingnya jika dibanding yang lain
9	Ekstrem	Elemen yang satu mutlak lebih penting daripada yang lainnya
2,4,6,8	Nilai diantara dua nilai berdekatan	
Resiprokal	Jika aktivitas i mempunyai salah satu nilai di atas ketika dibandingkan dengan aktifitas j, maka j mempunyai nilai yang berbalikan ketika dibandingkan dengan i	

Langkah-langkah AHP

1. Membuat hirarki permasalahan
2. Menyusun kriteria dalam bentuk matriks berpasangan
3. Menghitung bobot relatif yang dinormalkan dengan cara menormalkan matriks berpasangan

yaitu dengan membagi setiap elemen pada matriks berpasangan, a_{ij} dengan jumlah elemen matriks pada kolom j

4. Menghitung vektor eigen yang dinormalkan (vektor prioritas) dengan cara merata-ratakan jumlah bobot relatif yang dinormalkan untuk setiap baris matriks. Vektor prioritas ini menunjukkan bobot relatif antara kriteria yang dibandingkan.
5. Menghitung nilai eigen terbesar, $\lambda_{\max}$ yaitu hasil penjumlahan dari perkalian setiap vektor eigen dengan jumlah elemen kolom dari matriks berpasangan
6. Menghitung indeks konsistensi, CI
7. Dalam melakukan penilaian bisa terjadi ketidakkonsistenan penilaian. Menurut Saaty indeks konsistensi dari suatu matrik berordo n dapat diperoleh dengan rumus :

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

Jika nilai CI adalah sama dengan nol, maka matriks konsisten. Selanjutnya CI dibandingkan dengan indeks yang sama yang didapatkan dari rata-rata sejumlah matriks resiprok berordo sama dan berentri random. Indeks ini dinamakan indeks pembangkit random (RI)

8. Menghitung rasio konsistensi

Batas ketidakkonsistenan diukur dengan menggunakan rasio konsistensi (CR), yaitu perbandingan antara indeks konsistensi (CI) dengan nilai pembangkit random (RI). Nilai RI untuk berbagai n dapat dilihat pada tabel 2. Jika CR bernilai kurang atau sama dengan 0.1 (10%), maka ketidakkonsistenan penilaian masih dapat diterima.

Tabel 2 Nilai RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41

Perhitungan di atas dilanjutkan untuk level 3, sehingga diperoleh vektor eigen utama dan nilai CR. Selanjutnya bobot komposit digunakan untuk menghitung bobot dan konsistensi penilaian secara keseluruhan.

9. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 7 yaitu untuk menentukan bobot relatif antara alternatif terhadap suatu kriteria dan menentukan rasio konsistensi dari penilaian yang dibuat

10. Menghitung bobot relatif keseluruhan (prioritas global). Bobot dengan nilai tertinggi merupakan alternatif terbaik yang dipilih.

Jumlah pertanyaan perbandingan berpasangan adalah $n(n-1)/2$, dengan n adalah ordo matriks, karena saling berbalikan dan diagonal matriksnya selalu bernilai satu. Tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dari setiap baris matriks dapat dinyatakan sebagai bobot relatif yang dinormalkan. Bobot ini merupakan suatu bobot nilai relatif untuk masing-masing kriteria pada setiap kolom matrik dengan membandingkan masing-masing nilai skala dengan jumlah kolomnya. Vektor eigen utama yang dinormalkan adalah sama dengan menormalkan kolom-kolom dalam matriks perbandingan berpasangan, Nilai vektor eigen ini merupakan bobot nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari rata-rata bobot relatif yang dinormalkan masing-masing kriteria pada setiap baris matriks. Vektor eigen utama merupakan bobot rasio dari masing-masing kriteria.

Metode Pugh

Metode Pugh yang dikembangkan oleh Stuart Pugh dapat digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan [4]. Pada metode ini kriteria dan alternatif disusun dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks keputusan (*decision matrix*). Bobot untuk setiap kriteria dapat sama atau dapat ditentukan nilainya berdasarkan tingkat kepentingan kriteria, namun sebaiknya setiap kriteria mempunyai bobot yang berlainan karena dalam kenyataannya seringkali tingkat kepentingan berbeda antar kriteria [5]. Selanjutnya setiap alternatif dibandingkan dan dinilai terhadap suatu alternatif yang merupakan referensi berdasarkan kriteria seleksi yang telah ditentukan.

Langkah-langkah metode Pugh :

1. Menetapkan kriteria
2. Menetapkan bobot relatif untuk setiap kriteria
3. Menentukan alternatif solusi
4. Membuat matriks keputusan
5. Memilih salah satu alternatif solusi sebagai referensi (datum)
6. Membandingkan alternatif solusi terhadap referensi untuk setiap kriteria dengan memberikan skor. Untuk suatu kriteria tertentu, suatu alternatif solusi dapat lebih baik (skor+1), sama (skor 0) atau lebih buruk (skor -1) jika dibandingkan dengan referensi
7. Menghitung nilai keseluruhan dengan menjumlahkan setiap skor dengan bobot relatif pada pada setiap kolom. Nilai tertinggi yang

didapatkan merupakan alternatif solusi yang terbaik.

Metodologi penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil suatu studi kasus permasalahan menseleksi material untuk pompa air laut. Data-data didapatkan dan dikumpulkan melalui studi pustaka dengan mempelajari literatur-literatur yang terkait dengan penelitian ini. Pengolahan data-data dilakukan menurut metode AHP dan Pugh dengan bantuan komputer dan software Excel untuk mengolah data yang memerlukan operasi matematik.

Studi kasus

Pompa air laut digunakan dibanyak industri, misalnya pada produksi minyak dan gas. Pemilihan material untuk pompa air laut tergantung pada banyak faktor, antara lain kondisi operasi, persyaratan perancangan dan kualitas air laut, [4]. Pada tahap proses perancangan pompa didalam memilih material perlu dipertimbangkan proses pembuatan, sifat mampu las, mampu mesin, mampu cor, ketersediaan material, dan juga harga.

Pada penelitian ini dilakukan pemilihan material pompa dari antara alternatif material dengan menggunakan metode AHP dan Pugh sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan. Material diseleksi berdasarkan kriteria seleksi material yang terdiri dari 8 kriteria seleksi yaitu castability, strength, pressure tightness, corrosion resistance, weldability, machineability, availability dan cost. Metode AHP digunakan untuk memilih material terbaik, selain itu bobot relatif antar kriteria yang didapat dengan metode tersebut digunakan sebagai bobot relatif untuk kriteria pada matriks keputusan dengan metode Pugh.

Kriteria yang ditetapkan untuk menseleksi material:

1. Castability. Material pompa diinginkan mudah dibentuk melalui proses casting.
2. Strength. Material pompa harus mempunyai kekuatan yang cukup agar dapat menahan beban ketika dioperasikan.
3. Pressure tightness. Material mempunyai kemampuan untuk menahan tekanan internal selama proses casting.
4. Corrosion resistance. Material pompa harus mempunyai ketahanan terhadap korosi yang disebabkan oleh air laut.
5. Weldability. Material pompa mudah untuk dilas ketika dilakukan perbaikan
6. Machineability. Material mudah dimesin agar mudah dibentuk pada proses pemesinan.

- | | | | |
|----|---|----------|--|
| 7. | Availability. Material tidak jarang atau mudah untuk didapatkan | Kriteria | |
| 8. | Cost. Material pompa diinginkan mempunyai harga yang murah | Kriteria | |

Alternatif material yang diputuskan untuk diseleksi terdiri atas lima jenis material, yaitu Titanium (Ti), Super Duplex, Super Austenite Stainless, Nickel Alumunimum Bronze (NAB) dan CF8M.

Struktur Hirarki

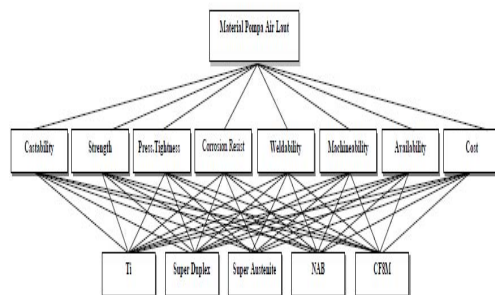
Struktur hirarki permasalahan dapat dilihat pada gambar 2 yang terdiri dari tiga level. Pada level paling atas adalah tujuan keseluruhan yaitu memilih material pompa air laut. Pada level kedua adalah delapan kriteria yang berkontribusi terhadap tujuan di level pertama. Pada level ketiga adalah lima kandidat material yang akan diseleksi dengan memperhatikan kriteria pada level kedua.

Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dan matriks perbandingan berpasangan antar material yang dinilai terhadap kriteria dapat dilihat pada table 2 sampai dengan table 10. Pada table 11 dapat dilihat vector prioritas global untuk setiap material yang diseleksi.

Matriks Keputusan Pugh

Matriks keputusan Pugh dapat dilihat pada table 12. Kriteria seleksi ditentukan sama dengan criteria pada metode AHP dan setiap material yang akan dipilih dinilai dan diberikan skornya terhadap kriteria-kriteria tersebut. Bobot criteria didapatkan dari hasil perhitungan vektor prioritas pada metode AHP



Gambar 2 Struktur hirarki permasalahan

Tabel 2 Matrik Perbandingan Berpasangan Antara

Kriterien

Krite ria	A	B	C	D	E	F	G	H	Vektor Priorita
A	1	1/3	2	1/3	3	3	5	1/3	0.097
B	3	1	3	2	3	3	7	2	0.288
C	1/2	1/3	1	1/5	2	2	3	1/5	0.069
D	3	1/2	5	1	3	3	5	3	0.225
E	1/3	1/3	1/2	1/3	1	1	5	1/3	0.068
F	1/3	1/3	1/2	1/3	1	1	5	1/3	0.068
G	1/5	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	1	1/3	0.034
H	3	1/2	5	1/3	3	3	3	1	0.151
					$\lambda_{\max}=8.863$	CI=0.163	CR=0.087		

bel 3 Matrik Perbandingan berpasangan Antar Material Pada Kriteria Castability

[illegible]

Tabel 4 Matrik Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Strength

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor Prioritas
Ti	1	1/3	3	3	5	0.211
Super Duplex	3	1	5	5	7	0.531
Super Austenite	1/3	1/5	1	1	3	0.1
NAB	1/3	1/5	1	1	3	0.1
CF8M	1/5	1/7	1/3		1	0.059
$\lambda_{\max} = 5.196 \text{ CI}=0.049 \text{ CR}=0.044$						

Tabel 5 Matrik Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Pressure Tightness

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor Prioritas
Ti	1	1	1	2	1	0.222
Super Duplex	1	1	1	2	1	0.222
Super Austenite	1	1	1	2	1	0.222
NAB	1/2	1/2	1/2	1	1/2	0.111
CF8M	1	1	1	2	1	0.222
$\lambda_{\max}=5$ CI=0 CR=0						

Tabel 6 Matrik Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Corrosion Resistance

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor prioritas
Ti	1	3	3	5	7	0.498
Super Duplex	1/3	1	1	3	5	0.182
Super Austenite	1/3	1	1	3	5	0.182
NAB	1/5	1/3	1/3	1	2	0.084
CF8M	1/7	1/5	1/5	1/2	1	0.055
$\lambda_{\max}=5.152$ CI=0.038 CR=0.034						

Tabel 7 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Weldability

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor Prioritas
Ti	1	1/3	1/5	1	1/5	0.068
Super Duplex	3	1	1/3	3	1/3	0.134
Super Austenite	5	3	1	5	1	0.365
NAB	1	1/3	1/5	1	1/5	0.068
CF8M	5	3	1	5	1	0.365
$\lambda_{\max}=5.069$ CI=0.017 CR=0.015						

Tabel 8 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Machineability

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor Prioritas
Ti	1	1/5	1/5	1/5	1/7	0.049
Super Duplex	5	1	1	1	1/3	0.161
Super Austenite	5	1	1	1	1/3	0.161
NAB	5	1	1	1	1/3	0.161
CF8M	7	3	3	3	1	0.467
$\lambda_{\max}=5.126$ CI=0.032 CR=0.028						

Tabel 9 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Availability

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor prioritas
Ti	1	1/5	1/5	1/7	1/7	0.044
Super Duplex	5	1	1	1/3	1/3	0.123
Super Austenite	5	1	1	1/3	1/3	0.123
NAB	7	3	3	1	1	0.355
CF8M	7	3	3	1	1	0.355
$\lambda_{\max}=5.109$ CI=0.027 CR=0.024						

Tabel 10 Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Material Pada Kriteria Cost

Alternatif Material	Ti	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M	Vektor Prioritas
Ti	1	1/3	1/3	1/5	1/7	0.059
Super Duplex	3	1	1	1/3	1/5	0.1
Super Austenite	3	1	1	1/3	1/5	0.1
NAB	5	3	3	1	1/3	0.211
CF8M	7	5	5	3	1	0.531
$\lambda_{\max}=5.196$ CI=0.049 CR=0.044						

Tabel 11 Prioritas lokal dan global

	Kriteria Seleksi								Vektor Prioritas global
	Cast ability	Strength	Pressure Tightness	Corrosion resistance	Weld ability	Machine ability	Avail ability	Cost	
Vektor prioritas lokal	0.097	0.288	0.069	0.225	0.068	0.068	0.034	0.151	
Vektor Prioritas lokal									
Ti	0.062	0.211	0.222	0.498	0.068	0.049	0.044	0.059	0.212
Super duplex	0.121	0.531	0.222	0.182	0.134	0.161	0.123	0.1	0.260
Super Austenite	0.348	0.1	0.222	0.182	0.365	0.161	0.123	0.1	0.174
NAB	0.121	0.1	0.111	0.084	0.068	0.161	0.355	0.211	0.127
CF8M	0.348	0.059	0.222	0.055	0.365	0.467	0.355	0.531	0.227

Tabel 12 Matriks keputusan Pugh

Kriteria	Bobot	Material				
		Titanium (Datum)	Super Duplex	Super Austenite	NAB	CF8M
Castability	0.097	0	1	1	0	1
Strength	0.028	0	1	-1	-1	-1
Pressure Tightness	0.069	0	0	0	-1	0
Corrosion resistance	0.225	0	-1	-1	-1	-1
Weldability	0.068	0	1	1	0	1
Machineability	0.068	0	1	1	1	1
Availability	0.034	0	1	1	1	1
Cost	0.151	0	1	1	1	1
Nilai Total		0	5	3	0	3
Nilai Total Dengan Bobot		0	0.481	-0.095	-0.329	-0.095

Hasil Penelitian

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan, untuk pengolahan data dengan metode AHP diperoleh material Super duplex mempunyai nilai prioritas komposit (global) terbesar yaitu sebesar 0.260 diikuti oleh berturut-turut material CF8M, Titanium, Super Austenite dan NAB, masing-masing sebesar 0.227, 0.212, 0.174, dan 0.127. Pada metode Pugh material Super duplex mendapatkan nilai tertinggi diantara

material yang lainnya, yaitu 0.481 sedangkan material NAB memperoleh nilai terendah yakni sebesar -0.329. Melihat hasil yang diperoleh kedua metode yaitu material super duplex mendapatkan nilai tertinggi, maka material super duplex terpilih sebagai material yang terbaik untuk material pompa air laut

Kesimpulan

Metode AHP dan Pugh dapat digunakan digunakan sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan untuk menseleksi material berdasarkan kriteria-kriteria seleksi yang ditetapkan. Metode Pugh lebih mudah untuk digunakan dan lebih sederhana dalam pengolahan perhitungan matematik dibandingkan dengan metode AHP, namun demikian pada metode Pugh konsistensi dalam pengambilan keputusan tidak dapat diperiksa seperti halnya pada metode AHP.

Daftar Pustaka

- [1] Rao, R.V., and Patel B.K., *Material Selection Using a Novel Multiple Attribute Decision Making Method*, International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering, January-March, 2011
- [2] Ashby, Michael F, *Material Selection in Mechanical Design*, Butterworth Heinemann, 2000
- [3] Saaty, Thomas, L, *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*, European Journal of Operational Research 48, 1990
- [4] Morrow, Stephen J, *Material Selection for Seawater Pumps*
- [4] Pugh, S 1991, *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Wokingham England: Addison Wesley Limited
- [5] Cervone, Frank, *Using Pugh Matrix Analysis in Complex Decision Making Situations*, OCLC International digital Library Perspective, vol 25, 2000